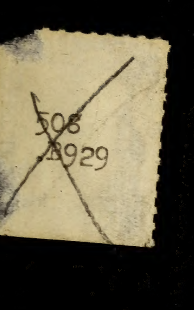


506
B929

HISTOIRE NATURELLE.

MATIÈRES GÉNÉRALES.

TOME QUATRIÈME.

HISTOIRE NATURELLE

PAR BUFFON,

DEDIÉE AU CITOYEN LACEPEDE,
MEMBRE DE L'INSTITUT NATIONAL.

MATIERES GÉNÉRALES.

TOME QUATRIEME.



A PARIS,

A LA LIBRAIRIE STÉRÉOTYPE
DE P. DIDOT L'AÎNÉ, GALERIES DU LOUVRE, N° 3,
ET FIRMIN DIDOT, RUE DE THIONVILLE, N° 116.
AN VII. — 1799.

HISTOIRE NATURELLE.

PREUVES DE LA THÉORIE DE LA TERRE.

ARTICLE XVIII.

De l'effet des pluies, des marécages, des bois souterrains, des eaux souterraines.

Nous avons dit que les pluies et les eaux courantes qu'elles produisent détachent continuellement du sommet et de la croupe des

montagnes les sables, les terres, les graviers, etc. et qu'elle les entraîne dans les plaines, d'où les rivières et les fleuves en charient une partie dans les plaines plus basses, et souvent jusqu'à la mer : les plaines se remplissent donc successivement et s'élèvent peu à peu, et les montagnes diminuent tous les jours et s'abaissent continuellement; et dans plusieurs endroits on s'est apperçu de cet abaissement. Joseph Blancanus rapporte sur cela des faits qui étoient de notoriété publique dans son temps, et qui prouvent que les montagnes s'étoient abaissées au point que l'on voyoit des villages et des châteaux de plusieurs endroits d'où on ne pouvoit pas les voir autrefois. Dans la province de Darby en Angleterre, le clocher du village Craih n'étoit pas visible en 1572 depuis une certaine montagne, à cause de la hauteur d'une autre montagne interposée, laquelle s'étend en Hopton et Wirksworth, et quatre-vingts ou cent ans après on voyoit ce clocher, et même une partie de l'église. Le docteur Plot donne un exemple pareil d'une montagne entre Sibbertoft et Ashby, dans la province de Northampton. Les eaux

entraînent non seulement les parties les plus légères des montagnes, comme la terre, le sable, le gravier et les petites pierres, mais elles roulent même de très-gros rochers, ce qui en diminue considérablement la hauteur. En général, plus les montagnes sont hautes, et plus leur pente est roide, plus les rochers sont coupés à pic. Les plus hautes montagnes du pays de Galles ont des rochers extrêmement droits et fort nuds; on voit les copeaux de ces rochers (si on peut se servir de ce nom) en gros monceaux à leur pied : ce sont les gelées et les eaux qui les séparent et les entraînent. Ainsi ce ne sont pas seulement les montagnes de sable et de terre que les pluies rabaissent, mais, comme l'on voit, elles attaquent les rochers les plus durs, et en entraînent les fragmens jusque dans les vallées. Il arriva dans la vallée de Nantphrancon en 1685, qu'une partie d'un gros rocher qui ne portoit que sur une base étroite, ayant été minée par les eaux, tomba et se rompit en plusieurs morceaux avec plus d'un millier d'autres pierres, dont la plus grosse fit en descendant une tranchée considérable jusque dans la plaine, où elle con-

tinua à cheminer dans une petite prairie, et traversa une petite rivière, de l'autre côté de laquelle elle s'arrêta. C'est à de pareils accidens qu'on doit attribuer l'origine de toutes les grosses pierres que l'on trouve ordinairement çà et là dans les vallées voisines des montagnes. On doit se souvenir, à l'occasion de cette observation, de ce que nous avons dit dans l'article précédent, savoir, que ces rochers et ces grosses pierres dispersées sont bien plus communes dans les pays dont les montagnes sont de sable et de grès, que dans ceux où elles sont de marbre et de glaise, parce que le sable qui sert de base au rocher, est un fondement moins solide que la glaise.

Pour donner une idée de la quantité de terres que les pluies détachent des montagnes, et qu'elles entraînent dans les vallées, nous pouvons citer un fait rapporté par le docteur Plot : il dit, dans son *Histoire naturelle de Stafford*, qu'on a trouvé dans la terre, à dix-huit pieds de profondeur, un grand nombre de pièces de monnoie frappées du temps d'Édouard IV, c'est-à-dire, deux cents ans auparavant, en sorte que ce terrain, qui est

marécageux, s'est augmenté d'environ un pied en onze ans, ou d'un pouce et un douzième par an. On peut encore faire une observation semblable sur des arbres enterrés à dix-sept pieds de profondeur, au-dessous desquels on a trouvé des médailles de Jule César. Ainsi les terres amenées du dessus des montagnes dans les plaines par les eaux courantes, ne laissent pas d'augmenter très-considérablement l'élévation du terrain des plaines.

Ces graviers, ces sables et ces terres que les eaux détachent des montagnes, et qu'elles entraînent dans les plaines, y forment des couches qu'il ne faut pas confondre avec les couches anciennes et originaires de la terre. On doit mettre dans la classe de ces nouvelles couches celles de tuf, de pierre molle, de gravier et de sable dont les grains sont lavés et arrondis; on doit y rapporter aussi les couches de pierres qui se sont faites par une espèce de dépôt et d'incrustation : toutes ces couches ne doivent pas leur origine au mouvement et aux sédimens des eaux de la mer. On trouve dans ces tufs et dans ces pierres molles et imparfaites une infinité de végétaux, de

feuilles d'arbres, de coquilles terrestres ou fluviatiles, de petits os d'animaux terrestres, et jamais des coquilles ni d'autres productions marines; ce qui prouve évidemment, aussi-bien que leur peu de solidité, que ces couches se sont formées sur la surface de la terre sèche, et qu'elles sont bien plus nouvelles que les marbres et les autres pierres qui contiennent des coquilles, et qui se sont formées autrefois dans la mer. Les tufs et toutes ces pierres nouvelles paroissent avoir de la dureté et de la solidité lorsqu'on les tire: mais si on veut les employer, on trouve que l'air et les pluies les dissolvent bientôt; leur substance est même si différente de la vraie pierre, que lorsqu'on les réduit en petites parties, et qu'on en veut faire du sable, elles se convertissent bientôt en une espèce de terre et de boue. Les stalactites et les autres concrétions pierreuses que M. de Tournefort prenoit pour des marbres qui avoient végété, ne sont pas de vraies pierres, non plus que celles qui sont formées par des incrustations. Nous avons déja fait voir que les tufs ne sont pas de l'ancienne formation, et qu'on ne doit pas les ranger dans la classe des pierres. Le

tuf est une matière imparfaite, différente de la pierre et de la terre, et qui tire son origine de toutes deux par le moyen de l'eau des pluies, comme les incrustations pierreuses tirent la leur du dépôt des eaux de certaines fontaines : ainsi les couches de ces matières ne sont pas anciennes, et n'ont pas été formées, comme les autres, par le sédiment des eaux de la mer. Les couches de tourbes doivent être aussi regardées comme des couches nouvelles qui ont été produites par l'entassement successif des arbres et des autres végétaux à demi pourris, et qui ne se sont conservés que parce qu'ils se sont trouvés dans des terres bitumineuses, qui les ont empêchés de se corrompre en entier. On ne trouve dans toutes ces nouvelles couches de tuf, ou de pierre molle, ou de pierre formée par des dépôts, ou de tourbes, aucune production marine ; mais on y trouve au contraire beaucoup de végétaux, d'os d'animaux terrestres, de coquilles fluviatiles et terrestres, comme on peut le voir dans les prairies de la province de Northampton auprès d'Ashby, où l'on a trouvé un grand nombre de coquilles d'escargots, avec des plantes, des herbes et plusieurs

coquilles fluviatiles, bien conservées à quelques pieds de profondeur sous terre, sans aucune coquille marine *. Les eaux qui roulent sur la surface de la terre, ont formé toutes ces nouvelles couches en changeant souvent de lit et en se répandant de tous côtés : une partie de ces eaux pénètre à l'intérieur et coule à travers les fentes des rochers et des pierres ; et ce qui fait qu'on ne trouve point d'eau dans les pays élevés, non plus qu'au-dessus des collines, c'est parce que toutes les hauteurs de la terre sont ordinairement composées de pierres et de rochers, sur-tout vers le sommet. Il faut, pour trouver de l'eau, creuser dans la pierre et dans le rocher jusqu'à ce qu'on parvienne à la base, c'est-à-dire à la glaise ou à la terre ferme sur laquelle portent ces rochers, et on ne trouve point d'eau tant que l'épaisseur de pierre n'est pas percée jusqu'au-dessous, comme je l'ai observé dans plusieurs puits creusés dans les lieux élevés ; et lorsque la hauteur des rochers, c'est-à-dire l'épaisseur de la pierre qu'il faut percer, est fort considérable, comme dans

* Voyez *Trans. phil. abr.* vol. IV, page 271.

les hautes montagnes, où les rochers ont souvent plus de mille pieds d'élévation, il est impossible d'y faire des puits, et par conséquent d'avoir de l'eau. Il y a même de grandes étendues de terre où l'eau manque absolument, comme dans l'Arabie pétrée, qui est un désert où il ne pleut jamais, où des sables brûlans couvrent toute la surface de la terre, où il n'y a presque point de terre végétale, où le peu de plantes qui s'y trouvent languissent : les sources et les puits y sont si rares, que l'on n'en compte que cinq depuis le Caire jusqu'au mont Sinaï ; encore l'eau en est-elle amère et saumâtre.

Lorsque les eaux qui sont à la surface de la terre, ne peuvent trouver d'écoulement, elles forment des marais et des marécages. Les plus fameux marais de l'Europe sont ceux de Moscovie à la source du Tanaïs ; ceux de Finlande, où sont les grands marais Savolax et Énasak : il y en a aussi en Hollande, en Westphalie et dans plusieurs autres pays bas. En Asie on a les marais de l'Euphrate, ceux de la Tartarie, le Palus Méotide ; cependant en général il y en a moins en Asie et en Afrique qu'en Europe : mais l'Amérique n'est, pour

ainsi dire, qu'un marais continu dans toutes ses plaines; cette grande quantité de marais est une preuve de la nouveauté du pays et du petit nombre des habitans, encore plus que du peu d'industrie.

Il y a de très-grands marécages en Angleterre dans la province de Lincoln près de la mer, qui a perdu beaucoup de terrain d'un côté, et en a gagné de l'autre. On trouve dans l'ancien terrain une grande quantité d'arbres qui y sont enterrés au-dessous du nouveau terrain amené par les eaux; on en trouve de même en grande quantité en Écosse, à l'embouchure de la rivière Ness. Auprès de Bruges en Flandre, en fouillant à quarante ou cinquante pieds de profondeur, on trouve une très-grande quantité d'arbres aussi près les uns des autres que dans une forêt : les troncs, les rameaux et les feuilles sont si bien conservés, qu'on distingue aisément les différentes espèces d'arbres. Il y a cinq cents ans que cette terre, où l'on trouve des arbres, étoit une mer, et avant ce temps-là on n'a point de mémoire ni de tradition que jamais cette terre eût existé; cependant il est nécessaire que celà ait été ainsi dans le temps que

ces arbres ont crû et végété : ainsi le terrain qui dans les temps les plus reculés étoit une terre ferme couverte de bois, a été ensuite couvert par les eaux de la mer qui y ont amené quarante ou cinquante pieds d'épaisseur de terre, et ensuite ces eaux se sont retirées. On a de même trouvé une grande quantité d'arbres souterrains à Youle dans la province d'York à douze milles au-dessous de la ville sur la rivière Humber : il y en a qui sont si gros qu'on s'en sert pour bâtir; et on assure, peut-être mal-à-propos, que ce bois est aussi durable et d'aussi bon service que le chêne : on en coupe en petites baguettes et en longs copeaux, que l'on envoie vendre dans les villes voisines ; et les gens s'en servent pour allumer leur pipe. Tous ces arbres paroissent rompus, et les troncs sont séparés de leurs racines, comme des arbres que la violence d'un ouragan ou d'une inondation auroit cassés et emportés. Ce bois ressemble beaucoup au sapin ; il a la même odeur lorsqu'on le brûle, et fait des charbons de la même espèce *. Dans l'île de Man on trouve dans un

* Voyez *Transact. philosoph.* n° 228.

marais qui a six milles de long et trois milles de large, appelé *Curragh*, des arbres souterrains qui sont des sapins; et quoiqu'ils soient à dix-huit ou vingt pieds de profondeur, ils sont cependant fermes sur leurs racines *. On en trouve ordinairement dans tous les grands marais, dans les fondrières et dans la plupart des endroits marécageux, dans les provinces de Somerset, de Chester, de Lancastre, de Stafford. Il y a de certains endroits où l'on trouve des arbres sous terre, qui ont été coupés, sciés, équarris et travaillés par les hommes : on y a même trouvé des cognées et des serpes; et entre Birmingham et Brumley dans la province de Lincoln, il y a des collines élevées de sable fin et léger, que les pluies et les vents emportent et transportent en laissant à sec et à découvert des racines de grands sapins, où l'impression de la cognée paroît encore aussi fraîche que si elle venoit d'être faite. Ces collines se seront sans doute formées, comme les dunes, par des amas de sable que la mer a apportés et accumulés, et sur lesquels ces

* Voyez *Ray's Discourses*, page 232.

sapins auront pu croître ; ensuite ils auront été recouverts par d'autres sables qui y auront été amenés, comme les premiers, par des inondations ou par des vents violens. On trouve aussi une grande quantité de ces arbres souterrains dans les terres marécageuses de Hollande, dans la Frise et auprès de Groningue, et c'est de là que viennent les tourbes qu'on brûle dans tout le pays.

On trouve dans la terre une infinité d'arbres grands et petits de toute espèce, comme sapins, chênes, bouleaux, hêtres, ifs, aubépins, saules, frênes. Dans les marais de Lincoln, le long de la rivière d'Ouse, et dans la province d'York en Hatfield-chace, ces arbres sont droits et plantés comme on les voit dans une forêt. Les chênes sont fort durs, et on en emploie dans les bâtimens, où ils durent * fort long-temps; les frênes sont tendres et tombent en poussière, aussi-bien que

* Je doute beaucoup de la vérité de ce fait: tous les arbres qu'on tire de la terre, au moins tous ceux que j'ai vus, soit chênes, soit autres, perdent, en se desséchant, toute la solidité qu'ils paroissent avoir d'abord, et ne doivent jamais être employés dans les bâtimens.

les saules. On en trouve qui ont été équarris, d'autres sciés, d'autres percés, avec des cognées rompues, et des haches dont la forme ressemble à celle des couteaux de sacrifice. On y trouve aussi des noisettes, des glands et des cônes de sapins en grande quantité. Plusieurs autres endroits marécageux de l'Angleterre et de l'Irlande sont remplis de troncs d'arbres, aussi-bien que les marais de France et de Suisse, de Savoie et d'Italie *.

Dans la ville de Modène et à quatre milles aux environs, en quelque endroit qu'on fouille, lorsqu'on est parvenu à la profondeur de soixante-trois pieds, et qu'on a percé la terre à cinq pieds de profondeur de plus avec une tarière, l'eau jaillit avec une si grande force, que le puits se remplit en fort peu de temps presque jusqu'au-dessus : cette eau coule continuellement et ne diminue ni n'augmente par la pluie ou par la sécheresse. Ce qu'il y a de remarquable dans ce terrain, c'est que lorsqu'on est parvenu à quatorze pieds de profondeur, on trouve les décombremens et

* Voyez *Trans. phil. abr.* vol. IV, page 218 et suiv.

les ruines d'une ancienne ville, des rues pavées, des planchers, des maisons, différentes pièces de mosaïque, après quoi on trouve une terre assez solide et qu'on croiroit n'avoir jamais été remuée : cependant au-dessous on trouve une terre humide et mêlée de végétaux, et, à vingt-six pieds, des arbres tout entiers, comme des noisetiers avec les noisettes dessus, et une grande quantité de branches et de feuilles d'arbres; à vingt-huit pieds on trouve une craie tendre mêlée de beaucoup de coquillages, et ce lit a onze pieds d'épaisseur, après quoi on retrouve encore des végétaux, des feuilles et des branches; et ainsi alternativement de la craie et une terre mêlée de végétaux jusqu'à la profondeur de soixante-trois pieds, à laquelle profondeur est un lit de sable mêlé de petit gravier et de coquilles semblables à celles qu'on trouve sur les côtes de la mer d'Italie. Ces lits successifs de terre marécageuse et de craie se trouvent toujours dans le même ordre, en quelque endroit qu'on fouille, et quelquefois la tarière trouve de gros troncs d'arbres qu'il faut percer; ce qui donne beaucoup de peine aux ouvriers : on y trouve

aussi des os, du charbon de terre, des cailloux et des morceaux de fer. Ramazzini, qui rapporte ces faits, croit que le golfe de Venise s'étendoit autrefois jusqu'à Modène et au-delà, et que par la succession des temps les rivières, et peut-être les inondations de la mer, ont formé successivement ce terrain.

Je ne m'étendrai pas davantage ici sur les variétés que présentent ces couches de nouvelle formation ; il suffit d'avoir montré qu'elles n'ont pas d'autres causes que les eaux courantes ou stagnantes qui sont à la surface de la terre, et qu'elles ne sont jamais aussi dures ni aussi solides que les couches anciennes qui se sont formées sous les eaux de la mer.

ADDITIONS

A L'ARTICLE PRECÉDENT.

I.

Sur l'éboulement et le déplacement de quelques terrains.

La rupture des cavernes et l'action des feux souterrains sont les principales causes des grands éboulemens de la terre, mais souvent il s'en fait aussi par de plus petites causes ; la filtration des eaux, en délayant les argilles sur lesquelles portent les rochers de presque toutes les montagnes calcaires, a souvent fait pencher ces montagnes et causé des éboulemens assez remarquables pour que nous devions en donner ici quelques exemples.

« En 1757, dit M. Perronet, une partie « du terrain qui se trouve situé à mi-côte « avant d'arriver au château de Croix-Fon- « taine, s'entr'ouvrit en nombre d'endroits

« et s'éboula successivement par partie ; le « mur de terrasse qui retenoit le pied de ces « terres, fut renversé, et on fut obligé de « transporter plus loin le chemin qui étoit « établi le long du mur. . . Ce terrain étoit « porté sur une base de terre inclinée ». Ce savant et premier ingénieur de nos ponts et chaussées cite un autre accident de même espèce arrivé en 1733 à Pardines, près d'Issoire en Auvergne : le terrain, sur environ quatre cents toises de longueur et trois cents toises de largeur, descendit sur une prairie assez éloignée, avec les maisons, les arbres et ce qui étoit dessus. Il ajoute que l'on voit quelquefois des parties considérables de terrain emportées, soit par des réservoirs supérieurs d'eau dont les digues viennent à se rompre, ou par une fonte subite de neiges. En 1757, au village de Guet, à dix lieues de Grenoble, sur la route de Briançon, tout le terrain, lequel est en pente, glissa et descendit en un instant vers le Drac, qui en est éloigné d'environ un tiers de lieue ; la terre se fendit dans le village, et la partie qui a glissé se trouve de six, huit et neuf pieds plus basse qu'elle n'étoit : ce terrain étoit posé sur

un rocher assez uni et incliné à l'horizon d'environ 40 degrés.

Je puis ajouter à ces exemples un autre fait, dont j'ai eu tout le temps d'être témoin, et qui m'a même occasionné une dépense assez considérable. Le tertre isolé sur lequel sont situés la ville et le vieux château de Montbard, est élevé de cent quarante pieds au-dessus de la rivière, et la côte la plus rapide est celle du nord-est : ce tertre est couronné de rochers calcaires dont les bancs pris ensemble ont cinquante-quatre pieds d'épaisseur; partout ils portent sur un massif de glaise, qui par conséquent a jusqu'à la rivière soixante-six pieds d'épaisseur. Mon jardin, environné de plusieurs terrasses, est situé sur le sommet de ce tertre. Une partie du mur, longue de vingt-cinq à vingt-six toises, de la dernière terrasse du côté du nord-est où la pente est la plus rapide, a glissé tout d'une pièce en faisant refouler le terrain inférieur ; et il seroit descendu jusqu'au niveau du terrain voisin de la rivière, si l'on n'eût pas prévenu son mouvement progressif en le démolissant : ce mur avoit sept pieds d'épaisseur, et il étoit fondé sur la glaise. Ce mouvement se fit très-len-

tement : je reconnus évidemment qu'il n'étoit occasionné que par le suintement des eaux ; toutes celles qui tombent sur la plate-forme du sommet de ce tertre, pénètrent par les fentes des rochers jusqu'à cinquante-quatre pieds sur le massif de glaise qui leur sert de base : on en est assuré par les deux puits qui sont sur la plate-forme, et qui ont en effet cinquante-quatre pieds de profondeur ; ils sont pratiqués du haut en bas dans les bancs calcaires. Toutes les eaux pluviales, qui tombent sur cette plate-forme et sur les terrasses adjacentes, se rassemblent donc sur le massif d'argille ou glaise auquel aboutissent les fentes perpendiculaires de ces rochers ; elles forment de petites sources en différens endroits qui sont encore clairement indiquées par plusieurs puits, tous abondans, et creusés au-dessous de la couronne des rochers ; et, dans tous les endroits où l'on tranche ce massif d'argille par des fossés, on voit l'eau suinter et venir d'en haut : il n'est donc pas étonnant que des murs, quelque solides qu'ils soient, glissent sur le premier banc de cette argille humide, s'ils ne sont pas fondés à plusieurs pieds au-dessous, comme je l'ai fait faire en les recons-

truisant. Néanmoins la même chose est encore arrivée du côté du nord-ouest de ce tertre, où la pente est plus douce et sans sources apparentes : on avoit tiré de l'argille à douze ou quinze pieds de distance d'un gros mur épais de onze pieds sur trente-cinq de hauteur et douze toises de longueur ; ce mur est construit de très-bons matériaux, et il subsiste depuis plus de neuf cents ans : cette tranchée où l'on tiroit de l'argille et qui ne descendoit pas à plus de quatre à cinq pieds, a néanmoins fait faire un mouvement à cet énorme mur ; il penche d'environ quinze pouces sur sa hauteur perpendiculaire, et je n'ai pu le retenir et prévenir sa chûte que par des piliers buttans de sept à huit pieds de saillie sur autant d'épaisseur, fondés à quatorze pieds de profondeur.

De ces faits particuliers, j'ai tiré une conséquence générale dont aujourd'hui on ne fera pas autant de cas que l'on en auroit fait dans les siècles passés : c'est qu'il n y a pas un château ou forteresse située sur des hauteurs, qu'on ne puisse aisément faire couler dans la plaine ou vallée, au moyen d'une simple tranchée de dix ou douze pieds

de profondeur sur quelques toises de largeur, en pratiquant cette tranchée à une petite distance des derniers murs, et choisissant pour l'établir le côté où la pente est la plus rapide. Cette manière dont les anciens ne se sont pas doutés, leur auroit épargné bien des beliers et d'autres machines de guerre, et aujourd'hui même on pourroit s'en servir avantageusement dans plusieurs cas : je me suis convaincu par mes yeux, lorsque ces murs ont glissé, que si la tranchée qu'on a faite pour les reconstruire n'eût pas été promptement remplie de forte maçonnerie, les murs anciens et les deux tours, qui subsistent encore en bon état depuis neuf cents ans, et dont l'une a cent vingt-cinq pieds de hauteur, auroient coulé dans le vallon avec les rochers sur lesquels ces tours et ces murs sont fondés ; et, comme toutes nos collines composées de pierres calcaires portent généralement sur un fond d'argille, dont les premiers lits sont toujours plus ou moins humectés par les eaux qui filtrent dans les fentes des rochers et descendent jusqu'à ce premier lit d'argille, il me paroît certain qu'en éventant cette argille, c'est-à-dire, en exposant à l'air par

une tranchée ces premiers lits imbibés des eaux, la masse entière des rochers et du terrain qui porte sur ce massif d'argille, couleroit en glissant sur le premier lit et descendroit jusque dans la tranchée en peu de jours, sur-tout dans un temps de pluie. Cette manière de démanteler une forteresse est bien plus simple que tout ce qu'on a pratiqué jusqu'ici, et l'expérience m'a démontré que le succès en est certain.

I I.

Sur la tourbe, page 7.

On peut ajouter à ce que j'ai dit sur les tourbes, les faits suivans :

Dans les châtellenies et subdélégations de Bergues-Saint-Winox, Furnes et Bourbourg, on trouve de la tourbe à trois ou quatre pieds sous terre; ordinairement ces lits de tourbes ont deux pieds d'épaisseur, et sont composés de bois pourris, d'arbres même entiers, avec leurs branches et leurs feuilles dont on connoît l'espèce, et particulièrement des coudriers, qu'on reconnoît à leurs noisettes

encore existantes, entremêlées de différentes espèces de roseaux faisant corps ensemble.

D'où viennent ces lits de tourbes qui s'étendent depuis Bruges par tout le plat pays de la Flandre jusqu'à la rivière d'Aa, entre les dunes et les terres élevées des environs de Bergues, etc.? Il faut que, dans les siècles reculés, lorsque la Flandre n'étoit qu'une vaste forêt, une inondation subite de la mer ait submergé tout le pays, et en se retirant ait déposé tous les arbres, bois et roseaux qu'elle avoit déracinés et détruits dans cet espace de terrain, qui est le plus bas de la Flandre, et que cet événement soit arrivé vers le mois d'août ou septembre, puisqu'on trouve encore les feuilles aux arbres, ainsi que les noisettes aux coudriers. Cette inondation doit avoir été bien long-temps avant la conquête que fit Jule César de cette province, puisque les écrits des Romains depuis cette époque n'en ont pas fait mention.

Quelquefois on trouve des végétaux dans le sein de la terre, qui sont dans un état différent de celui de la tourbe ordinaire : par exemple, au mont Ganelon près de Compiègne, on voit, d'un côté de la montagne,

les carrières de belles pierres et les huîtres fossiles dont nous avons parlé, et, de l'autre côté de la montagne, on trouve à mi-côte, un lit de feuilles de toutes sortes d'arbres, et aussi des roseaux, des goémons, le tout mêlé ensemble et renfermé dans la vase; lorsqu'on remue ces feuilles, on retrouve la même odeur de marécage qu'on respire sur le bord de la mer, et ces feuilles conservent cette odeur pendant plusieurs années. Au reste, elles ne sont point détruites, on peut en reconnoître aisément les espèces; elles n'ont que de la sécheresse, et sont liées foiblement les unes aux autres par la vase.

« On reconnoît, dit M. Guettard, de deux « espèces de tourbes: les unes sont com- « posées de plantes marines, les autres de « plantes terrestres ou qui viennent dans les « prairies. On suppose que les premières ont « été formées dans le temps que la mer re- « couvroit la partie de la terre qui est main- « tenant habitée: on veut que les secondes « se soient accumulées sur celle-ci. On ima- « gine, suivant ce systême, que les courans « portoient dans des bas-fonds formés par les « montagnes qui étoient élevées dans la mer,

« les plantes marines qui se détachoient des « rochers, et qui, ayant été ballottées par les « flots, se déposoient dans les lieux pro- « fonds.

« Cette production de tourbes n'est certai- « nement pas impossible ; la grande quantité « de plantes qui croissent dans la mer, pa- « roît bien suffisante pour former ainsi des « tourbes : les Hollandois même prétendent « que la bonté des leurs ne vient que de ce « qu'elles sont ainsi produites, et qu'elles sont « pénétrées du bitume dont les eaux de la « mer sont chargées. . . . .

« Les tourbières de Villeroy sont placées « dans la vallée où coule la rivière d'Essone; « la partie de cette vallée peut s'étendre depuis « Roissy jusqu'à Escharcon. . . . . . C'est même « vers Roissy qu'on a commencé à tirer « des tourbes. . . . . . Mais celles que l'on « fouille auprès d'Escharcon, sont les meil- « leures. . . . .

« Les prairies où les tourbières sont ou- « vertes, sont assez mauvaises ; elles sont « remplies de joncs, de roseaux, de prêles et « autres plantes qui croissent dans les mau- « vais prés : on fouille ces prés jusqu'à la pro-

« fondeur de huit à dix pieds. . . . Après la
« couche qui forme actuellement le sol de la
« prairie, est placé un lit de tourbe d'environ
« un pied : il est rempli de plusieurs espèces
« de coquilles fluviatiles et terrestres. . . .

« Ce banc de tourbe, qui renferme les
« coquilles, est communément terreux : ceux
« qui le suivent sont à peu près de la même
« épaisseur, et d'autant meilleurs qu'ils sont
« plus profonds ; les tourbes qu'ils fournis-
« sent sont d'un brun noir, lardées de ro-
« seaux, de joncs, de cypéroïdes et autres
« plantes qui viennent dans les prés ; on ne
« voit point de coquilles dans ces bancs....

« On a quelquefois rencontré dans la masse
« des tourbes, des souches de saules et de
« peupliers, et quelques racines de ces arbres
« ou de quelques autres semblables. On a dé-
« couvert du côté d'Escharcon un chêne ense-
« veli à neuf pieds de profondeur : il étoit noir
« et presque pourri ; il s'est consommé à l'air :
« un autre a été rencontré du côté de Roissy
« à la profondeur de deux pieds entre la terre
« et la tourbe. On a encore vu près d'Eschar-
« con des bois de cerfs ; ils étoient enfouis
« jusqu'à trois ou quatre pieds...

« Il y a aussi des tourbes dans les environs « d'Étampes, et peut-être aussi abondam- « ment qu'auprès de Villeroy : ces tourbes ne « sont point mousseuses, ou le sont très-peu ; « leur couleur est d'un beau noir, elles ont « de la pesanteur, elles brûlent bien au feu « ordinaire, et il n'y a guère lieu de douter « qu'on n'en pût faire de très-bon charbon....

« Les tourbières des environs d'Étampes ne « sont, pour ainsi dire, qu'une continuité de « celles de Villeroy ; en un mot, toutes les « prairies qui sont renfermées entre les gor- « ges où la rivière d'Étampes coule, sont « probablement remplies de tourbe. On en « doit, à ce que je crois, dire autant de « celles qui sont arrosées par la rivière d'Es- « sone ; celles de ces prairies que j'ai parcou- « rues, m'ont fait voir les mêmes plantes que « celles d'Étampes et de Villeroy. »

Au reste, selon l'auteur, il y a en France encore nombre d'endroits où l'on pourroit tirer de la tourbe, comme à Bourneuille, à Croué auprès de Beauvais, à Bruneval aux environs de Péronne, dans le diocèse de Troyes en Champagne, etc. et cette matière combustible seroit d'un grand secours, si

l'on en faisoit usage dans les endroits qui manquent de bois.

Il y a aussi des tourbes près Vitry-le-François, dans des marais le long de la Marne : ces tourbes sont bonnes et contiennent une grande quantité de cupules de gland. Le marais de Saint-Gou aux environs de Châlons n'est aussi qu'une tourbière considérable, que l'on sera obligé d'exploiter dans la suite par la disette des bois.

III.

Sur les bois souterrains pétrifiés et charbonnifiés, page 10.

« Dans les terres du duc de Saxe-Cobourg, « qui sont sur les frontières de la Franconie « et de la Saxe, à quelques lieues de la ville « de Cobourg même, on a trouvé, à une « petite profondeur, des arbres entiers pétri- « fiés à un tel point de perfection, qu'en les « travaillant on trouve que cela fait une « pierre aussi belle et aussi dure que l'agate. « Les princes de Saxe en ont donné quelques « morceaux à M. Schœpflin, qui en a envoyé « deux à M. de Buffon pour le Cabinet du roi :

« on a fait de ces bois pétrifiés des vases et « autres beaux ouvrages *. »

On trouve aussi du bois qui n'a point changé de nature, à d'assez grandes profondeurs dans la terre. M. du Verny, officier d'artillerie, m'en a envoyé des échantillons, avec le détail suivant. « La ville de la Fère, où « je suis actuellement en garnison, fait tra- « vailler, depuis le 15 du mois d'août de cette « année 1753, à chercher de l'eau par le moyen « de la tarière : lorsqu'on fut parvenu à trente- « neuf pieds au-dessous du sol, on trouva un « lit de marne, que l'on a continué de percer « jusqu'à cent vingt-un pieds : ainsi, à cent « soixante pieds de profondeur, on a trouvé, « deux fois consécutives, la tarière remplie « d'une marne mêlée d'une très-grande quan- « tité de fragmens de bois, que tout le monde « a reconnus pour être du chêne. Je vous en « envoie deux échantillons. Les jours sui- « vans, on a trouvé toujours la même marne, « mais moins mêlée de bois, et on en a trouvé « jusqu'à la profondeur de deux cent dix « pieds, où l'on a cessé le travail. »

* Lettre de M. Schœpflin, *Strasbourg*, 24 *septembre* 1746.

« On trouve, dit M. Justi, des morceaux « de bois pétrifiés d'une prodigieuse grandeur « dans le pays de Cobourg, qui appartient à « une branche de la maison de Saxe ; et dans « les montagnes de Misnie, on a tiré de la « terre des arbres entiers, qui étoient entiè- « rement changés en une très-belle agate. Le « Cabinet impérial de Vienne renferme un « grand nombre de pétrifications en ce genre. « Un morceau destiné pour ce même Cabinet « étoit d'une circonférence qui égaloit celle « d'un gros billot de boucherie. La partie qui « avoit été bois, étoit changée dans une très- « belle agate d'un gris noir ; et au lieu de « l'écorce, on voyoit régner tout autour du « tronc une bande d'une très-belle agate « blanche. . . . . .

« L'empereur aujourd'hui régnant. . . . a « souhaité qu'on découvrît quelque moyen « pour fixer l'âge des pétrifications. . . . . Il « donna ordre à son ambassadeur à Cons- « tantinople de demander la permission de « faire retirer du Danube un des piliers du « pont de *Trajan*, qui est à quelques milles « au-dessous de Belgrade. Cette permission « ayant été accordée, on retira un de ces

« piliers, que l'on présumoit devoir être « pétrifié par les eaux du Danube ; mais on « reconnut que la pétrification étoit très-peu « avancée pour un espace de temps si consi- « dérable. Quoiqu'il se fût passé plus de seize « siècles depuis que le pilier en question étoit « dans le Danube, elle n'y avoit pénétré « tout au plus qu'à l'épaisseur de trois quarts « de pouce, et même à quelque chose de « moins : le reste du bois, peu différent de « l'ordinaire, ne commençoit qu'à se calciner.

« Si de ce fait seul on pouvoit tirer une « juste conséquence pour toutes les autres pé- « trifications, on en concluroit que la nature « a eu besoin peut-être de cinquante mille « ans pour changer en pierres des arbres de « la grosseur de ceux qu'on a trouvés pétrifiés « en différens endroits ; mais il peut fort bien « arriver qu'en d'autres lieux le concours de « plusieurs causes opère la pétrification plus « promptement.....

« On a vu à Vienne une bûche pétrifiée, « qui étoit venue des montagnes Carpathes en « Hongrie, sur laquelle paroissoient distinc- « tement les hachures qui y avoient été faites « avant sa pétrification; et ces mêmes hachures

« étoient si peu altérées par le changement « arrivé au bois, qu'on y remarquoit qu'elles « avoient été faites avec un tranchant qui « avoit une petite brèche.....

« Au reste, il paroît que le bois pétrifié « est beaucoup moins rare dans la nature « qu'on ne le pense communément, et qu'en « bien des endroits il ne manque, pour le « découvrir, que l'œil d'un naturaliste cu- « rieux. J'ai vu auprès de Mansfeld une grande « quantité de bois de chêne pétrifié, dans un « endroit où beaucoup de gens passent tous les « jours sans appercevoir ce phénomène. Il y « avoit des bûches entièrement pétrifiées, dans « lesquelles on reconnoissoit très-distincte- « ment les anneaux formés par la croissance « annuelle du bois, l'écorce, l'endroit de la « coupe, et toutes les marques du bois de « chêne. »

M. Clozier, qui a trouvé différentes pièces de bois pétrifié sur les collines aux environs d'Étampes, et particulièrement sur celle de Saint-Symphorien, a jugé que ces différens morceaux de bois pouvoient provenir de quelques souches pétrifiées qui étoient dans ces montagnes : en conséquence, il a fait faire

des fouilles sur la montagne de Saint-Symphorien, dans un endroit qu'on lui avoit indiqué; et, après avoir creusé la terre de plusieurs pieds, il vit d'abord une racine de bois pétrifiée, qui le conduisit à la souche d'un arbre de même nature.

Cette racine, depuis son commencement jusqu'au tronc où elle étoit attachée, avoit au moins, dit-il, cinq pieds de longueur; il y en avoit cinq autres qui y tenoient aussi, mais moins longues.....

Les moyennes et petites racines n'ont pas été bien pétrifiées; ou du moins leur pétrification étoit si friable, qu'elles sont restées dans le sable où étoit la souche, en une espèce de poussière ou de cendre. Il y a lieu de croire que lorsque la pétrification s'est communiquée à ces racines, elles étoient presque pourries, et que les parties ligneuses qui les composoient, étant trop désunies par la pourriture, n'ont pu acquérir la solidité requise pour une vraie pétrification.....

La souche porte, dans son plus gros, près de six pieds de circonférence; à l'égard de sa hauteur, elle porte, dans sa partie la plus élevée, trois pieds huit à dix pouces; son

poids est au moins de cinq à six cents livres. La souche, ainsi que les racines, ont conservé toutes les apparences du bois, comme écorce, aubier, bois dur, pourriture, trous de petits et gros vers, excrémens de ces mêmes vers; toutes ces differentes parties pétrifiées, mais d'une pétrification moins dure et moins solide que le corps ligneux, qui étoit bien sain lorsqu'il a été saisi par les parties pétrifiantes. Ce corps ligneux est changé en un vrai caillou de différentes couleurs, rendant beaucoup de feu étant frappé avec le fer trempé, et sentant, après qu'il a été frappé ou frotté, une très-forte odeur de soufre. . . .

Ce tronc d'arbre pétrifié étoit couché presque horizontalement. . . . Il étoit couvert de plus de quatre pieds de terre, et la grande racine étoit en dessus et n'etoit enfoncée que de deux pieds dans la terre.

M. l'abbé Mazéas, qui a découvert à un demi-mille de Rome, au-delà de la porte du Peuple, une carrière de bois pétrifié, s'exprime dans les termes suivans :

« Cette carrière de bois pétrifié, dit-il, « forme une suite de collines en face de « *Monte-Mario*, situé de l'autre côté du

« Tibre. . . . . Parmi ces morceaux de bois « entassés les uns sur les autres d'une ma- « nière irrégulière, les uns sont simplement « sous la forme d'une terre durcie, et ce sont « ceux qui se trouvent dans un terrain léger, « sec, et qui ne paroît nullement propre à la « nourriture des végétaux : les autres sont « pétrifiés, et ont la couleur, le brillant et la « dureté de l'espèce de résine cuite, connue « dans nos boutiques sous le nom de *colo-* « *phane;* ces bois pétrifiés se trouvent dans « un terrain de même espèce que le précé- « dent, mais plus humide : les uns et les « autres sont parfaitement bien conservés : « tous se réduisent par la calcination en une « véritable terre, aucun ne donnant de l'alun, « soit en les traitant au feu, soit en les com- « binant avec l'acide vitriolique. »

M. Dumonchau, docteur en médecine et très-habile physicien à Douai, a bien voulu m'envoyer, pour le Cabinet du roi, un morceau d'un arbre pétrifié, avec le détail historique suivant :

« La pièce de bois pétrifié que j'ai l'hon- « neur de vous envoyer, a été cassée à un « tronc d'arbre trouvé à plus de cent cin-

« quante pieds de profondeur en terre. . . .
« En creusant l'année dernière (1754) un
« puits pour sonder du charbon à Notre-
« Dame-au-bois, village situé entre Condé,
« Saint-Amand, Mortagne et Valenciennes,
« on a trouvé à environ six cents toises de
« l'Escaut, après avoir passé trois niveaux
« d'eau, d'abord sept pieds de rocher ou de
« pierre dure que les charbonniers nomment
« en leur langage *tourtia;* ensuite étant par-
« venu à une terre marécageuse, on a ren-
« contré, comme je viens de le dire, à cent
« cinquante pieds de profondeur, un tronc
« d'arbre de deux pieds de diamètre, qui tra-
« versoit le puits que l'on creusoit, ce qui fit
« qu'on ne put pas en mesurer la longueur;
« il étoit appuyé sur un gros grès; et bien
« des curieux voulant avoir de ce bois, on
« en détacha plusieurs morceaux du tronc.
« La petite pièce que j'ai l'honneur de vous
« envoyer, fut coupée d'un morceau qu'on
« donna à M. Laurent, savant mécanicien...

« Ce bois paroît plutôt charbonnifié que
« pétrifié. Comment un arbre se trouve-t-il
« si avant dans la terre? est-ce que le terrain
« où on l'a trouvé a été jadis aussi bas? Si

« cela est, comment ce terrain auroit-il pu « augmenter ainsi de cent cinquante pieds? « d'où seroit venue toute cette terre?

« Les sept pieds de *tourtia* que M. Laurent « a observés, se trouvant répandus de même « dans tous les autres puits à charbon, de dix « lieues à la ronde, sont donc une production « postérieure à ce grand amas supposé de terre.

« Je vous laisse, monsieur, la chose à dé- « cider; vous vous êtes familiarisé avec la « nature pour en comprendre les mystères « les plus cachés : ainsi je ne doute pas que « vous n'expliquiez ceci aisément. »

M. Fougeroux de Bondaroy, de l'académie royale des sciences, rapporte plusieurs faits sur les bois pétrifiés, dans un mémoire qui mérite des éloges, et dont voici l'extrait.

« Toutes les pierres fibreuses et qui ont « quelque ressemblance avec le bois, ne sont « pas du bois pétrifié; mais il y en a beau- « coup d'autres qu'on auroit tort de ne pas « regarder comme telles, sur-tout si l'on y « remarque l'organisation propre aux végé- « taux....

« On ne manque pas d'observations qui « prouvent que le bois peut se convertir en

« pierre, au moins aussi aisément que plu-
« sieurs autres substances qui éprouvent in-
« contestablement cette transmutation; mais
« il n'est pas aisé d'expliquer comment elle
« se fait: j'espère qu'on me permettra de ha-
« sarder sur cela quelques conjectures que je
« tâcherai d'appuyer sur des observations.

« On trouve des bois qui, étant, pour ainsi
« dire, à demi pétrifiés, s'éloignent peu de
« la pesanteur du bois; ils se divisent aisé-
« ment par feuillets ou même par filamens,
« comme certains bois pourris: d'autres, plus
« pétrifiés, ont le poids, la dureté et l'opacité
« de la pierre de taille; d'autres, dont la pé-
« trification est encore plus parfaite, pren-
« nent le même poli que le marbre, pendant
« que d'autres acquièrent celui des belles
« agates orientales. J'ai un très-beau mor-
« ceau qui a été envoyé de la Martinique
« à M. du Hamel, qui est changé en une
« très-belle sardoine. Enfin on en trouve de
« convertis en ardoise. Dans ces morceaux, on
« en trouve qui ont tellement conservé l'or-
« ganisation du bois, qu'on y découvre avec
« la loupe tout ce qu'on pourroit voir dans
« un morceau de bois non pétrifié.

« Nous en avons trouvé qui sont encroûtés « par une mine de fer sableuse, et d'autres « sont pénétrés d'une substance qui, étant « plus chargée de soufre et de vitriol, les « rapproche de l'état de pyrites : quelques « uns sont, pour ainsi dire, lardés par une « mine de fer très-pure ; d'autres sont tra- « versés par des veines d'agate très-noires.

« On trouve des morceaux de bois dont « une partie est convertie en pierre, et l'autre « en agate : la partie qui n'est convertie qu'en « pierre est tendre, tandis que l'autre a la « dureté des pierres précieuses.

« Mais comment certains morceaux, quoi- « que convertis en agate très-dure, conser- « vent-ils des caractères d'organisation très- « sensible, les cercles concentriques, les in- « sertions, l'extrémité des tuyaux destinés « à porter la séve, la distinction de l'écorce, « de l'aubier et du bois ? Si l'on imaginoit « que la substance végétale fût entièrement « détruite, ils ne devroient représenter qu'une « agate sans les caractères d'organisation « dont nous parlons ; si, pour conserver cette « apparence d'organisation, on vouloit que « le bois subsistât, et qu'il n'y eût que les

« pores qui fussent remplis par le suc pétri-
« fiant, il semble que l'on pourroit extraire
« de l'agate les parties végétales : cependant
« je n'ai pu y parvenir en aucune manière.
« Je pense donc que les morceaux dont il
« s'agit ne contiennent aucune partie qui ait
« conservé la nature du bois; et, pour rendre
« sensible mon idée, je prie qu'on se rap-
« pelle que si on distille à la cornue un mor-
« ceau de bois, le charbon qui restera après
« la distillation ne pesera pas un sixième du
« poids du morceau de bois : si on brûle le
« charbon, on n'en obtiendra qu'une très-
« petite quantité de cendre, qui diminuera
« encore quand on en aura retiré les sels lixi-
« viels.

« Cette petite quantité de cendre étant la
« partie vraiment fixe, l'analyse chimique
« dont je viens de tracer l'idée prouve assez
« bien que les parties fixes d'un morceau de
« bois sont réellement très-peu de chose, et
« que la plus grande portion de matière qui
« constitue un morceau de bois est destruc-
« tible, et peut être enlevée peu à peu par l'eau,
« à mesure que le bois se pourrit...

« Maintenant si l'on conçoit que la plus

« grande partie du bois est détruite, que le « squelette ligneux qui reste est formé par « une terre légère et perméable au suc pétri- « fiant, sa conversion en pierre, en agate, « en sardoine, ne sera pas plus difficile à « concevoir que celle d'une terre bolaire, « crétacée, ou de toute autre nature : toute la « différence consistera en ce que cette terre « végétale ayant conservé une apparence d'or- « ganisation, le suc pétrifiant se moulera « dans ses pores, s'introduira dans ses molé- « cules terreuses, en conservant néanmoins « le même caractère. . . . »

Voici encore quelques faits et quelques observations qu'on doit ajouter aux précédentes. En août 1773, à Montigny-sur-Braine, bailliage de Châlons, vicomté d'Auxonne, en creusant le puits de la cure, on a trouvé, à trente-trois pieds de profondeur, un arbre couché sur son flanc, dont on n'a pu découvrir l'espèce. Les terres supérieures ne paroissent avoir été touchées de main d'homme, d'autant que les lits semblent être intacts: car on trouve au-dessous du terrain un lit de terre glaise de huit pieds, ensuite un lit de sable de dix pieds; après cela, un lit de

terre grasse d'environ six à sept pieds, ensuite un autre lit de terre grasse pierreuse de quatre à cinq pieds, ensuite un lit de sable noir de trois pieds; enfin l'arbre étoit dans la terre grasse. La rivière de Braine est au levant de cet endroit, et n'en est éloignée que d'une portée de fusil; elle coule dans une prairie de quatre-vingts pieds plus basse que l'emplacement de la cure.

M. de Grignon m'a informé que, sur les bords de la Marne, près Saint-Dizier, l'on trouve un lit de bois pyriteux, dont on reconnoît l'organisation. Ce lit de bois est situé sous un banc de grès, qui est recouvert d'une couche de pyrites en gâteaux, surmontée d'un banc de pierre calcaire, et le lit de bois pyriteux porte sur une glaise noirâtre.

Il a aussi trouvé dans les fouilles qu'il a faites pour la découverte de la ville souterraine du Châtelet, des instrumens de fer qui avoient eu des manches de bois, et il a observé que ce bois étoit devenu une véritable mine de fer du genre des hématites. L'organisation du bois n'étoit pas détruite; mais il étoit cassant et d'un tissu aussi serré que celui de l'hématite dans toute son épais-

seur. Ces instrumens de fer à manche de bois avoient été enfouis dans la terre pendant seize ou dix-sept cents ans, et la conversion du bois en hématite s'est faite par la décomposition du fer, qui peu à peu a rempli tous les pores du bois.

I V.

Sur les ossemens que l'on trouve quelquefois dans l'intérieur de la terre.

« DANS la paroisse du Haux, pays d'entre « deux mers, à demi-lieue du port de Langoiran, une pointe de rocher haute de « onze pieds se détacha d'un côteau qui avoit « auparavant trente pieds de hauteur, et, « par sa chûte, elle répandit dans le vallon « une grande quantité d'ossemens ou de fragmens d'ossemens d'animaux, quelques uns « pétrifiés. Il est indubitable qu'ils en sont; « mais il est très-difficile de déterminer à « quels animaux ils appartiennent : le plus « grand nombre sont des dents, quelques « unes peut-être de bœuf ou de cheval, mais « la plupart trop grandes ou trop grosses pour « en être, sans compter la différence de figure;

« il y a des os de cuisses ou de jambes, et « même un fragment de bois de cerf ou d'é-« lan : le tout étoit enveloppé de terre com-« mune, et enfermé entre deux lits de roches. « Il faut nécessairement concevoir que des « cadavres d'animaux ayant été jetés dans « une roche creuse, et leurs chairs s'étant « pourries, il s'est formé par-dessus cet amas « une roche de onze pieds de haut, ce qui a « demandé une longue suite de siècles.....

« MM. de l'académie de Bordeaux, qui ont « examiné toute cette matière en habiles phy-« siciens..... ont trouvé qu'un grand nombre « de fragmens mis à un feu très-vif sont « devenus d'un beau bleu de turquoise, que « quelques petites parties en ont pris la con-« sistance, et que, taillées par un lapidaire, « elles en ont le poli. . . . Il ne faut pas ou-« blier que des os qui appartenoient visible-« ment à différens animaux, ont également « bien réussi à devenir turquoises *.

« Le 28 janvier 1760, on trouva auprès de « la ville d'Aix en Provence, dit M. Guettard, « à cent soixante toises au-dessus des bains « des eaux minérales, des ossemens renfermés

* *Hist. de l'acad. des scienc.* année 1719, pag. 24.

« dans un rocher de pierre grise à sa superfi-
« cie : cette pierre ne formoit point de lits,
« et n'étoit point feuilletée ; c'étoit une masse
« continue et entière. . . .

« Après avoir, par le moyen de la poudre,
« pénétré à cinq pieds de profondeur dans
« l'intérieur de cette pierre, on y trouva une
« grande quantité d'ossemens humains de
« toutes les parties du corps, savoir, des
« mâchoires et leurs dents, des os du bras,
« de la cuisse, des jambes, des côtes, des
« rotules, et plusieurs autres mêlées confu-
« sément et dans le plus grand désordre. Les
« crânes entiers, ou divisés en petites parties,
« semblent y dominer.

« Outre ces ossemens humains, on en a
« rencontré plusieurs autres par morceaux,
« qu'on ne peut attribuer à l'homme : ils
« sont, dans certains endroits, ramassés par
« pelotons; ils sont épars dans d'autres....

« Lorsqu'on a creusé jusqu'à la profondeur
« de quatre pieds et demi, on a rencontré
« six têtes humaines dans une situation in-
« clinée. De cinq de ces têtes on a conservé
« l'occiput avec ses adhérences, à l'exception
« des os de la face : cet occiput étoit en par-

« tie incrusté dans la pierre ; son intérieur
« en étoit rempli, et cette pierre en avoit
« pris la forme. La sixième tête est dans son
« entier du côté de la face, qui n'a reçu au-
« cune altération ; elle est large à propor-
« tion de sa longueur : on y distingue la forme
« des joues charnues ; les yeux sont fermés,
« assez longs, mais étroits : le front est un
« peu large ; le nez fort applati, mais bien
« formé, la ligne du milieu un peu marquée ;
« la bouche bien faite et fermée, ayant la
« lèvre supérieure un peu forte relativement
« à l'inférieure : le menton est bien propor-
« tionné, et les muscles du total sont très-
« articulés. La couleur de cette tête est rou-
« geâtre, et ressemble assez bien aux têtes
« de tritons imaginées par les peintres : sa
« substance est semblable à celle de la pierre
« où elle a été trouvée ; elle n'est, à propre-
« ment parler, que le masque de la tête
« naturelle. . . . . »

La relation ci-dessus a été envoyée par M. le baron de Gaillard-Longjumeau à madame de Boisjourdain, qui l'a ensuite fait parvenir à M. Guettard avec quelques morceaux des ossemens en question. On peut douter

avec raison que ces prétendues têtes humaines soient réellement des têtes d'hommes : « car « tout ce qu'on voit dans cette carrière, dit « M. de Longjumeau, annonce qu'elle s'est « formée de débris de corps qui ont été bri-« sés, et qui ont dû être ballottés et roulés « dans les flots de la mer dans le temps que « ces os se sont amoncelés. Ces amas ne se « faisant qu'à la longue, et n'étant sur-tout « recouverts de matière pierreuse que succes-« sivement, on ne conçoit pas aisément com-« ment il pourroit s'être formé un masque « sur la face de ces têtes, les chairs n'étant « pas long-temps à se corrompre, lors sur-« tout que les corps sont ensevelis sous les « eaux. On peut donc très-raisonnablement « croire que ces prétendues têtes humaines « n'en sont réellement point.... il y a même « tout lieu de penser que les os qu'on croit « appartenir à l'homme sont ceux des sque-« lettes de poissons dont on a trouvé les « dents, et dont quelques unes étoient en-« clavées dans les mêmes quartiers de pierre « qui renfermoient les os qu'on dit être « humains.

« Il paroît que les amas d'os des environs

« d'Aix sont semblables à ceux que M. Borda « a fait connoître depuis quelques années, et « qu'il a trouvés près de Dax en Gascogne. Les « dents qu'on a découvertes à Aix paroissent, « par la description qu'on en donne, être « semblables à celles qui ont été trouvées à « Dax, et dont une mâchoire inférieure étoit « encore garnie : on ne peut douter que cette « mâchoire ne soit celle d'un gros poisson.... « Je pense donc que les os de la carrière d'Aix « sont semblables à ceux qui ont été décou« verts à Dax. . . , et que ces ossemens, quels « qu'ils soient, doivent être rapportés à des « squelettes de poissons plutôt qu'à des sque« lettes humains. . . .

« Une des têtes en question avoit environ « sept pouces et demi de longueur sur trois « de largeur et quelques lignes de plus ; sa « forme est celle d'un globe alongé, applati à « sa base, plus gros à l'extrémité postérieure « qu'à l'extrémité antérieure, divisé suivant « sa largeur, et de haut en bas, par sept ou « huit bandes larges depuis sept jusqu'à « douze lignes : chaque bande est elle-même « divisée en deux parties égales par un léger « sillon; elles s'étendent depuis la base jus-

« qu'au sommet : dans cet endroit, celles « d'un côté sont séparées de celles du côté « opposé par un autre sillon plus profond, « et qui s'élargit insensiblement depuis la « partie antérieure jusqu'à la partie posté- « rieure.

« A cette description, on ne peut recon- « noître le noyau d'une tête humaine : les « os de la tête de l'homme ne sont pas divisés « en bandes comme l'est le corps dont il « s'agit ; une tête humaine est composée de « quatre os principaux, dont on ne retrouve « pas la forme dans le noyau dont on a donné « la description : elle n'a pas intérieurement « une crête qui s'étende longitudinalement « depuis sa partie antérieure jusqu'à sa par- « tie postérieure, qui la divise en deux par- « ties égales, et qui ait pu former le sillon « sur la partie supérieure du noyau pierreux.

« Ces considérations me font penser que ce « corps est plutôt celui d'un nautile que ce- « lui d'une tête humaine. En effet, il y a des « nautiles qui sont séparés en bandes ou « boucliers comme ce noyau : ils ont un « canal ou siphon qui règne dans la longueur « de leur courbure, qui les sépare en deux,

« et qui en aura formé le sillon pierreux, etc. »

Je suis très-persuadé, ainsi que M. le baron de Longjumeau, que ces prétendues têtes n'ont jamais appartenu à des hommes, mais à des animaux du genre des phoques, des loutres marines, et des grands lions marins et ours marins. Ce n'est pas seulement à Aix ou à Dax que l'on trouve, sur les rochers et dans les cavernes, des têtes et des ossemens de ces animaux; S. A. le prince margrave d'Anspach, actuellement régnant, et qui joint au goût des belles connoissances la plus grande affabilité, a eu la bonté de me donner, pour le Cabinet du roi, une collection d'ossemens tirés des cavernes de *Gaillenrente*, dans son margraviat de Bareith. M. Daubenton a comparé ces os avec ceux de l'ours commun : ils en diffèrent en ce qu'ils sont beaucoup plus grands; la tête et les dents sont plus longues et plus grosses, et le museau plus alongé et plus renflé que dans nos plus grands ours. Il y a aussi dans cette collection, dont ce noble prince a bien voulu me gratifier, une petite tête que ses naturalistes avoient désignée sous le nom de *tête du petit phoca de M. de Buffon;* mais, comme

l'on ne connoît pas assez la forme et la structure des têtes de lions marins, d'ours marins, et de tous les grands et petits phoques, nous croyons devoir encore suspendre notre jugement sur les animaux auxquels ces ossemens fossiles ont appartenu.

PREUVES

DE LA

THÉORIE DE LA TERRE.

ARTICLE XIX.

Des changemens de terres en mers, et de mers en terres.

Il paroît par ce que nous avons dit dans les articles I, VII, VIII et IX, qu'il est arrivé au globe terrestre de grands changemens qu'on peut regarder comme généraux ; et il est certain par ce que nous avons rapporté dans les autres articles, que la surface de la terre a souffert des altérations particulières. Quoique l'ordre, ou plutôt la succession de ces altérations ou de ces changemens parti-

culiers, ne nous soit pas bien connue, nous en connoissons cependant les causes principales; nous sommes même en état d'en distinguer les différens effets; et si nous pouvions rassembler tous les indices et tous les faits que l'histoire naturelle et l'histoire civile nous fournissent au sujet des révolutions arrivées à la surface de la terre, nous ne doutons pas que la théorie que nous avons donnée n'en devînt bien plus plausible.

L'une des principales causes des changemens qui arrivent sur la terre, c'est le mouvement de la mer, mouvement qu'elle a éprouvé de tout temps; car dès la création il y a eu le soleil, la lune, la terre, les eaux, l'air, etc.: dès-lors le flux et le reflux, le mouvement d'orient en occident, celui des vents et des courans, se sont fait sentir; les eaux ont eu dès-lors les mêmes mouvemens que nous remarquons aujourd'hui dans la mer; et quand même on supposeroit que l'axe du globe auroit eu une autre inclinaison, et que les continens terrestres, aussi-bien que les mers, auroient eu une autre disposition, cela ne détruit point le mouvement du flux et du reflux, non plus que la cause et l'effet des vents: il suffit que

l'immense quantité d'eau qui remplit le vaste espace des mers, se soit trouvée rassemblée quelque part sur le globe de la terre, pour que le flux et le reflux, et les autres mouvemens de la mer, aient été produits.

Lorsqu'une fois on a commencé à soupçonner qu'il se pouvoit bien que notre continent eût autrefois été le fond d'une mer, on se le persuade bientôt à n'en pouvoir douter: d'un côté ces débris de la mer qu'on trouve par-tout, de l'autre la situation horizontale des couches de la terre, et enfin cette disposition des collines et des montagnes qui se correspondent, me paroissent autant de preuves convaincantes; car en considérant les plaines, les vallées, les collines, on voit clairement que la surface de la terre a été figurée par les eaux; en examinant l'intérieur des coquilles qui sont renfermées dans les pierres, on reconnoît évidemment que ces pierres se sont formées par le sédiment des eaux, puisque les coquilles sont remplies de la matière même de la pierre qui les environne; et enfin en réfléchissant sur la forme des collines, dont les angles saillans répondent toujours aux angles rentrans des collines

opposées, on ne peut pas douter que cette direction ne soit l'ouvrage des courans de la mer. A la vérité, depuis que notre continent est découvert, la forme de la surface a un peu changé, les montagnes ont diminué de hauteur, les plaines se sont élevées, les angles des collines sont devenus plus obtus, plusieurs matières entraînées par les fleuves se sont arrondies; il s'est formé des couches de tuf, de pierre molle, de gravier, etc.: mais l'essentiel est demeuré, la forme ancienne se reconnoît encore, et je suis persuadé que tout le monde peut se convaincre par ses yeux de tout ce que nous avons dit à ce sujet, et que quiconque aura bien voulu suivre nos observations et nos preuves, ne doutera pas que la terre n'ait été autrefois sous les eaux de la mer, et que ce ne soient les courans de la mer qui aient donné à la surface de la terre la forme que nous voyons.

Le mouvement principal des eaux de la mer est, comme nous l'avons dit, d'orient en occident: aussi il nous paroît que la mer a gagné sur les côtes orientales, tant de l'ancien que du nouveau continent, un espace d'environ cinq cents lieues; on doit se sou-

venir des preuves que nous en avons données dans l'article XI, et nous pouvons y ajouter que tous les détroits qui joignent les mers, sont dirigés d'orient en occident : le détroit de Magellan, les deux détroits de Forbisher, celui de Hudson, le détroit de l'île de Ceylan, ceux de la mer de Corée et de Kamtschatka, ont tous cette direction, et paroissent avoir été formés par l'irruption des eaux qui, étant poussées d'orient en occident, se sont ouvert ces passages dans la même direction, dans laquelle elles éprouvent aussi un mouvement plus considérable que dans toutes les autres directions ; car il y a dans tous ces détroits des marées très-violentes, au lieu que dans ceux qui sont situés sur les côtes occidentales, comme l'est celui de Gibraltar, celui du Sund, etc., le mouvement des marées est presque insensible.

Les inégalités du fond de la mer changent la direction du mouvement des eaux ; elles ont été produites successivement par les sédimens de l'eau et par les matières qu'elle a transportées, soit par son mouvement de flux et de reflux, soit par d'autres mouvemens : car nous ne donnons pas pour cause unique

de ces inégalités, le mouvement du flux et du reflux; nous avons seulement donné cette cause comme la principale et la première, parce qu'elle est la plus constante et qu'elle agit sans interruption : mais on doit aussi admettre comme cause l'action des vents; ils agissent même à la surface de l'eau avec une toute autre violence que les marées, et l'agitation qu'ils communiquent à la mer est bien plus considérable pour les effets extérieurs; elle s'étend même à des profondeurs considérables, comme on le voit par les matières qui se détachent, par la tempête, du fond des mers, et qui ne sont presque jamais rejetées sur les rivages que dans les temps d'orage.

Nous avons dit qu'entre les tropiques, et même à quelques degrés au-delà, il règne continuellement un vent d'est; ce vent, qui contribue au mouvement général de la mer d'orient en occident, est aussi ancien que le flux et le reflux, puisqu'il dépend du cours du soleil et de la raréfaction de l'air, produite par la chaleur de cet astre. Voilà donc deux causes de mouvement réunies, et plus grandes sous l'équateur que par-tout ailleurs :

la première, le flux et le reflux, qui, comme l'on sait, est plus sensible dans les climats méridionaux; et la seconde, le vent d'est, qui souffle continuellement dans ces mêmes climats : ces deux causes ont concouru depuis la formation du globe à produire les mêmes effets, c'est-à-dire, à faire mouvoir les eaux d'orient en occident, et à les agiter avec plus de force dans cette partie du monde que dans toutes les autres; c'est pour cela que les plus grandes inégalités de la surface du globe se trouvent entre les tropiques. La partie de l'Afrique comprise entre ces deux cercles n'est, pour ainsi dire, qu'un groupe de montagnes, dont les différentes chaînes s'étendent pour la plupart d'orient en occident, comme on peut s'en assurer en considérant la direction des grands fleuves de cette partie de l'Afrique; il en est de même de la partie de l'Asie et de celle de l'Amérique qui sont comprises entre les tropiques, et l'on doit juger de l'inégalité et de la surface de ces climats par la quantité de hautes montagnes et d'îles qu'on y trouve.

De la combinaison du mouvement général de la mer d'orient en occident, de celui du flux et du reflux, de celui que produisent

les courans, et encore de celui que forment les vents, il a résulté une infinité de différens effets tant sur le fond de la mer que sur les côtes et les continens. Varenius dit qu'il est très-probable que les golfes et les détroits ont été formés par l'effort réitéré de l'Océan contre les terres ; que la mer Méditerranée, les golfes d'Arabie, de Bengale et de Cambaye, ont été formés par l'irruption des eaux, aussi-bien que les détroits entre la Sicile et l'Italie, entre Ceylan et l'Inde, entre la Grèce et l'Eubée, et qu'il en est de même du détroit des Manilles, de celui de Magellan, et de celui de Danemarck ; qu'une preuve des irruptions de l'Océan sur les continens, qu'une preuve qu'il a abandonné différens terrains, c'est qu'on ne trouve que très-peu d'îles dans le milieu des grandes mers, et jamais un grand nombre d'îles voisines les unes des autres ; que dans l'espace immense qu'occupe la mer Pacifique, à peine trouve-t-on deux ou trois petites îles vers le milieu ; que dans le vaste Océan Atlantique entre l'Afrique et le Bresil, on ne trouve que les petites îles de Sainte-Hélène et de l'Ascension ; mais que toutes les îles sont auprès des grands

continens, comme les îles de l'Archipel auprès du continent de l'Europe et de l'Asie, les Canaries auprès de l'Afrique, toutes les îles de la mer des Indes auprès du continent oriental, les îles Antilles auprès de celui de l'Amérique, et qu'il n'y a que les Açores qui soient fort avancées dans la mer entre l'Europe et l'Amérique.

Les habitans de Ceylan disent que leur île a été séparée de la presqu'île de l'Inde par une irruption de l'Océan, et cette tradition populaire est assez vraisemblable. On croit aussi que l'île de Sumatra a été séparée de Malaye ; le grand nombre d'écueils et de bancs de sable qu'on trouve entre deux, semblent le prouver. Les Malabares assurent que les îles Maldives faisoient partie du continent de l'Inde, et en général on peut croire que toutes les îles orientales ont été séparées des continens par une irruption de l'Océan *.

Il paroît qu'autrefois l'île de la Grande-Bretagne faisoit partie du continent, et que l'Angleterre tenoit à la France : les lits de

* Voyez *Varenii Geograph. general.* pag. 203, 217 et 220.

terre et de pierre, qui sont les mêmes des deux côtés du pas de Calais, le peu de profondeur de ce détroit, semblent l'indiquer. En supposant, dit le docteur Wallis, comme tout paroît l'indiquer, que l'Angleterre communiquoit autrefois à la France par un isthme au-dessous de Douvres et de Calais, les grandes mers des deux côtés battoient les côtes de cet isthme par un flux impétueux, deux fois en vingt-quatre heures ; la mer d'Allemagne, qui est entre l'Angleterre et la Hollande, frappoit cet isthme du côté de l'est, et la mer de France, du côté de l'ouest : cela suffit avec le temps pour user et détruire une langue de terre étroite, telle que nous supposons qu'étoit autrefois cet isthme. Le flux de la mer de France, agissant avec grande violence non seulement contre l'isthme, mais aussi contre les côtes de France et d'Angleterre, doit nécessairement, par le mouvement des eaux, avoir enlevé une grande quantité de sable, de terre, de vase, de tous les endroits contre lesquels la mer agissoit : mais étant arrêtée dans son courant par cet isthme, elle ne doit pas avoir déposé, comme on pourroit le croire, des sédimens contre l'isthme : mais elle les aura

transportés dans la grande plaine qui forme actuellement le marécage de Romnè, qui a quatorze milles de long sur huit de large : car quiconque a vu cette plaine ne peut pas douter qu'elle n'ait été autrefois sous les eaux de la mer, puisque dans les hautes marées elle seroit encore en partie inondée sans les digues de Dimchurch.

La mer d'Allemagne doit avoir agi de même contre l'isthme et contre les côtes d'Angleterre et de Flandre, et elle aura emporté les sédimens en Hollande et en Zélande, dont le terrain, qui étoit autrefois sous les eaux, s'est élevé de plus de quarante pieds. De l'autre côté sur la côte d'Angleterre, la mer d'Allemagne devoit occuper cette large vallée où coule actuellement la rivière de Sture, à plus de vingt milles de distance, à commencer par Sandwich, Cantorbery, Chatam, Chilham, jusqu'à Ashford, et peut-être plus loin; le terrain est actuellement beaucoup plus élevé qu'il ne l'étoit autrefois, puisqu'à Chatam on a trouvé les os d'un hippopotame enterrés à dix-sept pieds de profondeur, des ancres de vaisseaux et des coquilles marines.

Or, il est très-vraisemblable que la mer

peut former de nouveaux terrains en y apportant les sables, la terre, la vase, etc.; car nous voyons sous nos yeux que dans l'île d'Orkney, qui est adjacente à la côte marécageuse de Romne, il y avoit un terrain bas toujours en danger d'être inondé par la rivière Rother : mais, en moins de soixante ans, la mer a élevé ce terrain considérablement en y amenant à chaque flux et reflux une quantité considérable de terre et de vase; et en même temps elle a creusé si fort le canal par où elle entre, qu'en moins de cinquante ans la profondeur de ce canal est devenue assez grande pour recevoir de gros vaisseaux, au lieu qu'auparavant c'étoit un gué où les hommes pouvoient passer.

La même chose est arrivée auprès de la côte de Norfolk, et c'est de cette façon que s'est formé le banc de sable qui s'étend obliquement depuis la côte de Norfolk vers la côte de Zélande; ce banc est l'endroit où les marées de la mer d'Allemagne et de la mer de France se rencontrent depuis que l'isthme a été rompu, et c'est là que se déposent les terres et les sables entraînés des côtes : on ne peut pas dire si avec le temps ce banc de

sable ne formera pas un nouvel isthme, etc. *.

Il y a grande apparence, dit Ray, que l'île de la Grande-Bretagne étoit autrefois jointe à la France, et faisoit partie du continent; on ne sait point si c'est par un tremblement de terre, ou par une irruption de l'Océan, ou par le travail des hommes, à cause de l'utilité et de la commodité du passage, ou par d'autres raisons: mais ce qui prouve que cette île faisoit partie du continent, c'est que les rochers et les côtes des deux côtés sont de même nature et composés des mêmes matières, à la même hauteur, en sorte que l'on trouve le long des côtes de Douvres les même lits de pierre et de craie que l'on trouve entre Calais et Boulogne; la longueur de ces rochers le long de ces côtes est à très-peu près la même de chaque côté, c'est-à-dire, d'environ six milles. Le peu de largeur du canal, qui dans cet endroit n'a pas plus de vingt-quatre milles anglois de largeur, et le peu de profondeur, eu égard à la mer voisine, font croire que l'Angleterre a été séparée de la France par accident. On peut ajouter

* Voyez *Trans. philos. abr.* vol. IV, page 227.

à ces preuves, qu'il y avoit autrefois des loups et même des ours dans cette île, et il n'est pas à présumer qu'ils y soient venus à la nage, ni que les hommes aient transporté ces animaux nuisibles ; car en général on trouve les animaux nuisibles des continens dans toutes les îles qui en sont fort voisines, et jamais dans celles qui en sont fort éloignées, comme les Espagnols l'ont observé lorsqu'ils sont arrivés en Amérique *.

Du temps de Henri I[er], roi d'Angleterre, il arriva une grande inondation dans une partie de la Flandre par une irruption de la mer ; en 1446, une pareille irruption fit périr plus de dix mille personnes sur le territoire de Dordrecht, et plus de cent mille autour de Dullart, en Frise et en Zélande, et il y eut dans ces deux provinces plus de deux ou trois cents villages de submergés ; on voit encore les sommets de leurs tours et les pointes de leurs clochers qui s'élèvent un peu au-dessus des eaux.

Sur les côtes de France, d'Angleterre, de Hollande, d'Allemagne, de Prusse, la mer

* Voyez *Ray's Discourses*, page 208.

s'est éloignée en beaucoup d'endroits. Hubert Thomas dit, dans sa description du pays de Liége, que la mer environnoit autrefois les murailles de la ville de Tongres, qui maintenant en est éloignée de trente-cinq lieues, ce qu'il prouve par plusieurs bonnes raisons; et entre autres il dit qu'on voyoit encore de son temps les anneaux de fer dans les murailles auxquelles on attachoit les vaisseaux qui y arrivoient. On peut encore regarder comme des terres abandonnées par la mer, en Angleterre les grands marais de Lincoln et l'île d'Ély, en France la Crau de la Provence; et même la mer s'est éloignée assez considérablement à l'embouchure du Rhône depuis l'anné 1665. En Italie, il s'est formé de même un terrain considérable à l'embouchure de l'Arne; et Ravenne, qui autrefois étoit un port de mer des exarques, n'est plus une ville maritime. Toute la Hollande paroît être un terrain nouveau, où la surface de la terre est presque de niveau avec le fond de la mer, quoique le pays se soit considérablement élevé et s'élève tous les jours par les limons et les terres que le Rhin, la Meuse, etc. y amènent; car autrefois on comptoit

que le terrain de la Hollande étoit en plusieurs endroits de cinquante pieds plus bas que le fond de la mer.

On prétend qu'en l'année 860, la mer, dans une tempête furieuse, amena vers la côte une si grande quantité de sables, qu'ils fermèrent l'embouchure du Rhin auprès de Catt, et que ce fleuve inonda tout le pays, renversa les arbres et les maisons, et se jeta dans le lit de la Meuse. En 1421, il y eut une autre inondation qui sépara la ville de Dordrecht de la terre ferme, submergea soixante et douze villages, plusieurs châteaux, noya cent mille ames, et fit périr une infinité de bestiaux. La digue de l'Issel se rompit en 1638 par quantité de glaces que le Rhin entraînoit, qui, ayant bouché le passage de l'eau, firent une ouverture de quelques toises à la digue, et une partie de la province fut inondée avant qu'on eût pu réparer la brèche. En 1682, il y eut une pareille inondation dans la province de Zélande, qui submergea plus de trente villages, et causa la perte d'une infinité de monde et de bestiaux qui furent surpris la nuit par les eaux. Ce fut un bonheur pour la Hollande

que le vent de sud-est gagna sur celui qui lui étoit opposé; car la mer étoit si enflée, que les eaux étoient de dix-huit pieds plus hautes que les terres les plus élevées de la province, à la réserve des dunes *.

Dans la province de Kent en Angleterre, il y avoit à Hith un port qui s'est comblé, malgré tous les soins que l'on a pris pour l'empêcher, et malgré la dépense qu'on a faite plusieurs fois pour le vider. On y trouve une multitude étonnante de galets et de coquillages apportés par la mer dans l'étendue de plusieurs milles, qui s'y sont amoncelés autrefois, et qui, de nos jours, ont été recouverts par de la vase et de la terre, sur laquelle sont actuellement des pâturages. D'autre côté il y a des terres fermes que la mer, avec le temps, vient à gagner et à couvrir, comme les terres de Goodwin, qui appartenoient à un seigneur de ce nom, et qui à présent ne sont plus que des sables couverts par les eaux de la mer. Ainsi la mer gagne en plusieurs endroits du terrain, et

* Voyez les *Voyages historiques de l'Europe*, tome V, page 70.

en perd dans d'autres : cela dépend de la différente situation des côtes et des endroits où le mouvement des marées s'arrête, où les eaux transportent d'un endroit à l'autre les terres, les sables, les coquilles, etc. [1].

Sur la montagne de Stella en Portugal, il y a un lac dans lequel on a trouvé des débris de vaisseaux, quoique cette montagne soit éloignée de la mer de plus de douze lieues [2]. Sabinius, dans ses commentaires sur les *Métamorphoses* d'Ovide, dit qu'il paroît, par les monumens de l'histoire, qu'en l'année 1460 on trouva dans une mine des Alpes un vaisseau avec ses ancres.

Ce n'est pas seulement en Europe que nous trouverons des exemples de ces changemens de mer en terre et de terre en mer; les autres parties du monde nous en fourniroient peut-être de plus remarquables et en plus grand nombre, si on les avoit bien observées.

Calicut a été autrefois une ville célèbre et

[1] Voyez *Phil. Trans. abrig'd.* vol. IV, page 234.

[2] Voyez la *Géographie de Gordon*, édition de Londres, 1733, page 149.

la capitale d'un royaume de même nom ; ce n'est aujourd'hui qu'une grande bourgade mal bâtie et assez déserte : la mer, qui, depuis un siècle, a beaucoup gagné sur cette côte, a submergé la meilleure partie de l'ancienne ville, avec une belle forteresse de pierre de taille qui y étoit. Les barques mouillent aujourd'hui sur leurs ruines, et le port est rempli d'un grand nombre d'écueils qui paroissent dans les basses marées, et sur lesquels les vaisseaux font assez souvent naufrage *.

La province de Jucatan, péninsule dans le golfe du Mexique, a fait autrefois partie de la mer. Cette pièce de terre s'étend dans la mer à cent lieues en longueur depuis le continent, et n'a pas plus de vingt-cinq lieues dans sa plus grande largeur ; la qualité de l'air y est tout-a-fait chaude et humide : quoiqu'il n'y ait ni ruisseaux ni rivières dans un si long espace, l'eau est par-tout si proche, et l'on trouve, en ouvrant la terre, un si grand nombre de coquillages, qu'on est porté à regarder cette vaste étendue comme un lieu qui a fait autrefois partie de la mer.

* Voyez *Lettres édifiantes*, rec. II, page 187.

Les habitans de Malabar prétendent qu'autrefois les îles Maldives étoient attachées au continent des Indes, et que la violence de la mer les en a séparées. Le nombre de ces îles est si grand, et quelques uns des canaux qui les séparent sont si étroits, que les beauprés des vaisseaux qui y passent font tomber les feuilles des arbres de l'un et de l'autre côté; et en quelques endroits un homme vigoureux se tenant à une branche d'arbre, peut sauter dans une autre île*. Une preuve que le continent des Maldives étoit autrefois une terre sèche, ce sont les cocotiers qui sont au fond de la mer; il s'en détache souvent des cocos qui sont rejetés sur le rivage par la tempête: les Indiens en font grand cas, et leur attribuent les mêmes vertus qu'au bézoard.

On croit qu'autrefois l'île de Ceylan étoit unie au continent et en faisoit partie, mais que les courans, qui sont extrêmement rapides en beaucoup d'endroits des Indes, l'ont séparée, et en ont fait une île. On croit la même chose à l'égard des îles Rammanakoïel

* Voyez les *Voyages des Hollandois aux Indes orientales*, page 274.

et de plusieurs autres*. Ce qu'il y a de certain, c'est que l'île de Ceylan a perdu trente ou quarante lieues de terrain du côté du nord-ouest, que la mer a gagnées successivement.

Il paroît que la mer a abandonné depuis peu une grande partie des terres avancées et des îles de l'Amérique. On vient de voir que le terrain de Jucatan n'est composé que de coquilles; il en est de même des basses terres de la Martinique et des autres îles Antilles. Les habitans ont appelé le fond de leur terrain *la chaux*, parce qu'ils font de la chaux avec ces coquilles, dont on trouve les bancs immédiatement au-dessous de la terre végétale. Nous pouvons rapporter ici ce qui est dit dans les *Nouveaux Voyages aux îles de l'Amérique*. « La chaux que l'on trouve par « toute la grande terre de la Guadeloupe, « quand on fouille dans la terre, est de même « espèce que celle que l'on pêche à la mer : « il est difficile d'en rendre raison. Seroit-il « possible que toute l'étendue du terrain qui « compose cette île ne fût, dans les siècles

* Voyez les *Voyages des Hollandois aux Indes orientales*, tome VI, page 485.

« passés, qu'un haut fond rempli de plantes
« de chaux, qui, ayant beaucoup crû et
« rempli les vides qui étoient entre elles
« occupés par l'eau, ont enfin haussé le ter-
« rain et obligé l'eau à se retirer et à laisser
« à sec toute la superficie ? Cette conjecture,
« toute extraordinaire qu'elle paroît d'abord,
« n'a pourtant rien d'impossible, et devien-
« dra même assez vraisemblable à ceux qui
« l'examineront sans prévention : car enfin,
« en suivant le commencement de ma sup-
« position, ces plantes ayant crû et rempli
« tout l'espace que l'eau occupoit, se sont
« enfin étouffées l'une l'autre ; les parties
« supérieures se sont réduites en poussière et
« en terre; les oiseaux y ont laissé tomber les
« graines de quelques arbres, qui ont germé
« et produit ceux que nous y voyons, et la
« nature y en fait germer d'autres qui ne
« sont pas d'une espèce commune aux autres
« endroits, comme les bois marbrés et vio-
« lets. Il ne seroit pas indigne de la curiosité
« des gens qui y demeurent de faire fouiller
« en différens endroits pour connoître quel
« en est le sol, jusqu'à quelle profondeur on
« trouve cette pierre à chaux, en quelle situa-

« tion elle est répandue sous l'épaisseur de « la terre, et autres circonstances qui pour- « roient ruiner ou fortifier ma conjecture. »

Il y a quelques terrains qui tantôt sont couverts d'eau, et tantôt sont découverts, comme plusieurs îles en Norvége, en Écosse, aux Maldives, au golfe de Cambaye, etc. La mer Baltique a gagné peu à peu une grande partie de la Poméranie; elle a couvert et ruiné le fameux port de Vineta. De même la mer de Norvége a formé plusieurs petites îles, et s'est avancée dans le continent. La mer d'Allemagne s'est avancée en Hollande auprès de Catt, en sorte que les ruines d'une ancienne citadelle des Romains, qui étoit autrefois sur la côte, sont actuellement fort avant dans la mer. Les marais de l'île d'Ely en Angleterre, la Crau en Provence, sont au contraire, comme nous l'avons dit, des terrains que la mer a abandonnés; les dunes ont été formées par des vents de mer qui ont jeté sur le rivage et accumulé des terres, des sables, des coquillages, etc. Par exemple, sur les côtes occidentales de France, d'Espagne et d'Afrique, il règne des vents d'ouest durables et violens qui poussent avec

impétuosité les eaux vers le rivage, sur lequel il s'est formé des dunes dans quelques endroits. De même les vents d'est, lorsqu'ils durent long-temps, chassent si fort les eaux des côtes de la Syrie et de la Phénicie, que les chaînes de rochers qui sont couverts d'eau pendant les vents d'ouest, demeurent alors à sec. Au reste, les dunes ne sont pas composées de pierres et de marbres, comme les montagnes qui se sont formées dans le fond de la mer, parce qu'elles n'ont pas été assez long-temps dans l'eau. Nous ferons voir dans le Discours sur les minéraux, que la pétrification s'opère au fond de la mer, et que les pierres qui se forment dans la terre sont bien différentes de celles qui se sont formées dans la mer.

Comme je mettois la dernière main à ce traité de la théorie de la Terre, que j'ai composé en 1744, j'ai reçu de la part de M. Barrère sa *Dissertation sur l'origine des pierres figurées*, et j'ai été charmé de me trouver d'accord avec cet habile naturaliste au sujet de la formation des dunes, et du séjour que la mer a fait autrefois sur la terre que nous habitons ; il rapporte plusieurs changemens

arrivés aux côtes de la mer. Aigues-mortes, qui est actuellement à plus d'une lieue et demie de la mer, étoit un port du temps de saint Louis; Psalmodi étoit une île en 815, et aujourd'hui il est dans la terre ferme, à plus de deux lieues de la mer : il en est de même de Maguelone; la plus grande partie du vignoble d'Agde étoit, il y a quarante ans, couverte par les eaux de la mer : et en Espagne la mer s'est retirée considérablement depuis peu de Blanes, de Badalona, vers l'embouchure de la rivière Vobregat, vers le cap de Tortosa, le long des côtes de Valence, etc.

La mer peut former des collines et élever des montagnes de plusieurs façons différentes, d'abord par des transports de terre, de vase, de coquilles, d'un lieu à un autre, soit par son mouvement naturel de flux et de reflux, soit par l'agitation des eaux causée par les vents; en second lieu par des sédimens, des parties impalpables qu'elle aura détachées des côtes et de son fond, et qu'elle pourra transporter et déposer à des distances considérables; et enfin par des sables, des coquilles, de la vase et des terres que les vents de mer

poussent souvent contre les côtes; ce qui produit des dunes et des collines que les eaux abandonnent peu à peu, et qui deviennent des parties du continent : nous en avons un exemple dans nos dunes de Flandre et dans celles de Hollande, qui ne sont que des collines composées de sable et de coquilles que des vents de mer ont poussées vers la terre. M. Barrère en cite un autre exemple qui m'a paru mériter de trouver place ici. « L'eau de « la mer, par son mouvement, détache de « son sein une infinité de plantes, de coquil-« lages, de vase, de sable, que les vagues « poussent continuellement vers les bords, « et que les vents impétueux de mer aident à « pousser encore. Or tous ces différens corps « ajoutés au premier atterrissement, y for-« ment plusieurs nouvelles couches ou mon-« ceaux qui ne peuvent servir qu'à accroître « le lit de la terre, à l'élever, à former des « dunes, des collines, par des sables, des « terres, des pierres amoncelées; en un mot, « à éloigner davantage le bassin de la mer, « et à former un nouveau continent.

« Il est visible que des alluvions ou des « atterrissemens successifs ont été faits par le

« même mécanisme depuis plusieurs siècles, « c'est-à-dire, par des dépositions réitérées de « différentes matières ; atterrissemens qui ne « sont pas de pure convenance : j'en trouve « les preuves dans la nature même, c'est-à- « dire, dans différens lits de coquilles fossiles « et d'autres productions marines qu'on re- « marque dans le Roussillon auprès du village « de Naffiac, éloigné de la mer d'environ « sept ou huit lieues. Ces lits de coquilles « qui sont inclinés de l'ouest à l'est sous dif- « férens angles, sont séparés les uns des « autres par des bancs de sable et de terre, « tantôt d'un pied et demi, tantôt de deux à « trois pieds d'épaisseur ; ils sont comme « saupoudrés de sel lorsque le temps est sec, « et forment ensemble des côteaux de la hau- « teur de plus de vingt-cinq à trente toises. « Or une longue chaîne de côteaux si élevés « n'a pu se former qu'à la longue, à diffé- « rentes reprises et par la succession des « temps ; ce qui pourroit être aussi un effet « du déluge et du bouleversement universel « qui a dû tout confondre, mais qui cepen- « dant n'aura pas donné une forme réglée à « ces différentes couches de coquilles fossiles

« qui auroient dû être assemblées sans aucun « ordre. »

Je pense sur cela comme M. Barrère; seulement je ne regarde pas les atterrissemens comme la seule manière dont les montagnes ont été formées, et je crois pouvoir assurer au contraire que la plupart des éminences que nous voyons à la surface de la terre ont été formées dans la mer même, et cela par plusieurs raisons qui m'ont toujours paru convaincantes: premièrement, parce qu'elles ont entre elles cette correspondance d'angles saillans et rentrans qui suppose nécessairement la cause que nous avons assignée, c'est-à-dire le mouvement des courans de la mer; en second lieu, parce que les dunes et les collines qui se forment des matières que la mer amène sur ses bords, ne sont pas composées de marbres et de pierres dures comme les collines ordinaires : les coquilles n'y sont ordinairement que fossiles, au lieu que dans les autres montagnes la pétrification est entière; d'ailleurs les bancs de coquilles, les couches de terre ne sont pas aussi horizontales dans les dunes que dans les collines composées de marbre et de pierre dure : ces

bancs y sont plus ou moins inclinés, comme dans les collines de Naffiac, au lieu que dans les collines et dans les montagnes qui se sont formées sous les eaux par les sédimens de la mer, les couches sont toujours parallèles et très-souvent horizontales ; les matières y sont pétrifiées aussi-bien que les coquilles. J'espère faire voir que les marbres et les autres matières calcinables, qui presque toutes sont composées de madrépores, d'astroïtes et de coquilles, ont acquis au fond de la mer le degré de dureté et de perfection que nous leur connoissons : au contraire les tufs, les pierres molles et toutes les matières pierreuses, comme les incrustations, les stalactites, etc. qui sont aussi calcinables, et qui se sont formées dans la terre depuis que notre continent est découvert, ne peuvent acquérir ce degré de dureté et de pétrification des marbres ou des pierres dures.

On peut voir dans l'*Histoire de l'académie*, année 1707, les observations de M. Saulmon au sujet des galets qu'on trouve dans plusieurs endroits. Ces galets sont des cailloux ronds et plats, et toujours fort polis, que la mer pousse sur les côtes. A Bayeux et

à Brutel, qui est à une lieue de la mer, on trouve du galet en creusant des caves ou des puits ; les montagnes de Bonneuil, de Broie et du Quesnoy, qui sont à environ dix-huit lieues de la mer, sont toutes couvertes de galets : il y en a aussi dans la vallée de Clermont en Beauvoisis. M. Saulmon rapporte encore qu'un trou de seize pieds de profondeur, percé directement et horizontalement dans la falaise du Tréport, qui est toute de moellon, a disparu en trente ans, c'est-à-dire que la mer a miné dans la falaise cette épaisseur de seize pieds. En supposant qu'elle avance toujours également, elle mineroit mille toises ou une petite demi-lieue de moellon en douze mille ans.

Les mouvemens de la mer sont donc les principales causes des changemens qui sont arrivés et qui arrivent sur la surface du globe : mais cette cause n'est pas unique ; il y en a beaucoup d'autres moins considérables qui contribuent à ces changemens : les eaux courantes, les fleuves, les ruisseaux, la fonte des neiges, les torrens, les gelées, etc. ont changé considérablement la surface de la terre ; les pluies ont diminué la hauteur des

montagnes; les rivières et les ruisseaux ont élevé les plaines; les fleuves ont rempli la mer à leur embouchure; la fonte des neiges et les torrens ont creusé des ravines dans les gorges et dans les vallons; les gelées ont fait fendre les rochers et les ont détachés des montagnes. Nous pourrions citer une infinité d'exemples des différens changemens que toutes ces causes ont occasionnés. Varenius dit que les fleuves transportent dans la mer une grande quantité de terre qu'ils déposent à plus ou moins de distance des côtes, en raison de leur rapidité; ces terres tombent au fond de la mer, et y forment d'abord de petits bancs, qui, s'augmentant tous les jours, font des écueils, et enfin forment des îles qui deviennent fertiles et habitées : c'est ainsi que se sont formées les îles du Nil, celles du fleuve Saint-Laurent, l'île de Landa située à la côte d'Afrique près de l'embouchure du fleuve Coanza, les îles de Norvége, etc. [1]. On peut y ajouter l'île de Tongming à la Chine, qui s'est formée peu à peu des terres que le fleuve de Nanquin entraîne

* Voyez *Varenii Geogr. general.* page 214.

et dépose à son embouchure. Cette île est fort considérable ; elle a plus de vingt lieues de longueur sur cinq ou six de largeur *.

Le Pô, le Trento, l'Athésis, et les autres rivières de l'Italie, amènent une grande quantité de terres dans les lagunes de Venise, surtout dans le temps des inondations, en sorte que peu à peu elles se remplissent : elles sont déja sèches en plusieurs endroits dans le temps du reflux, et il n'y a plus que les canaux que l'on entretient avec une grande dépense qui aient un peu de profondeur.

A l'embouchure du Nil, à celle du Gange et de l'Inde, à celle de la rivière de la Plata au Bresil, à celle de la rivière de Nanquin à la Chine, et à l'embouchure de plusieurs autres fleuves, on trouve des terres et des sables accumulés. La Loubère, dans son *Voyage de Siam*, dit que les bancs de sable et de terre augmentent tous les jours à l'embouchure des grandes rivières de l'Asie par les limons et les sédimens qu'elles y apportent, en sorte que la navigation de ces rivières devient tous les jours plus difficile, et

* Voyez *Lettres édifiantes*, rec. XI, page 234.

deviendra un jour impossible. On peut dire la même chose des grandes rivières de l'Europe, et sur-tout du Wolga, qui a plus de soixante-dix embouchures dans la mer Caspienne; du Danube, qui en a sept dans la mer Noire, etc.

Comme il pleut très-rarement en Égypte, l'inondation régulière du Nil vient des torrens qui y tombent dans l'Éthiopie; il charie une très-grande quantité de limon : et ce fleuve a non seulement apporté sur le terrain de l'Égypte plusieurs milliers de couches annuelles, mais même il a jeté bien avant dans la mer les fondemens d'une alluvion qui pourra former avec le temps un nouveau pays; car on trouve avec la sonde, à plus de vingt lieues de distance de la côte, le limon du Nil au fond de la mer, qui augmente tous les ans. La basse Égypte, où est maintenant le Delta, n'étoit autrefois qu'un golfe de la mer *. Homère nous dit que l'île de Pharos étoit éloignée de l'Égypte d'un jour

* Voyez Diodore de Sicile, liv. III; Aristote, liv. I *des Météores*, chap. XIV; Hérodote, parag. IV, V, etc.

et d'une nuit de chemin, et l'on sait qu'aujourd'hui elle est presque contiguë. Le sol en Égypte n'a pas la même profondeur de bon terrain par-tout; plus on approche de la mer, et moins il y a de profondeur : près des bords du Nil il y a quelquefois trente pieds et davantage de profondeur de bonne terre, tandis qu'à l'extrémité de l'inondation il n'y a pas sept pouces. Toutes les villes de la basse Egypte ont été bâties sur des levées et sur des éminences faites à la main [1]. La ville de Damiette est aujourd'hui éloignée de la mer de plus de dix milles; et du temps de saint Louis, en 1243, c'étoit un port de mer. La ville de Fooah, qui étoit, il y a trois cents ans, à l'embouchure de la branche canopique du Nil, en est présentement à plus de sept milles de distance : depuis quarante ans la mer s'est retirée d'une demi-lieue de devant Rosette, etc. [2].

Il est aussi arrivé des changemens à l'embouchure de tous les grands fleuves de l'Amérique,

[1] Voyez le *Voyage de M. Shaw*, vol. II, pag. 185 et 186.

[2] *Ibid.* pages 173 et 188.

et même de ceux qui ont été découverts nouvellement. Le P. Charlevoix, en parlant du fleuve Mississipi, dit qu'à l'embouchure de ce fleuve, au-dessous de la nouvelle Orléans, le terrain forme une pointe de terre qui ne paroît pas fort ancienne, car pour peu qu'on y creuse, on trouve de l'eau; et que la quantité de petites îles qu'on a vues se former nouvellement à toutes les embouchures de ce fleuve, ne laissent aucun doute que cette langue de terre ne soit formée de la même manière. Il paroît certain, dit-il, que quand M. de la Salle descendit * le Mississipi jusqu'à la mer, l'embouchure de ce fleuve n'étoit pas telle qu'on la voit aujourd'hui.

Plus on approche de la mer, ajoute-t-il, plus cela devient sensible; la barre n'a presque point d'eau dans la plupart des petites issues que le fleuve s'est ouvertes, et qui ne se sont si fort multipliées que par le moyen des arbres qui y sont entraînés par le courant, et dont un seul arrêté par ses branches ou par ses racines dans un endroit où il y a peu de profondeur, en arrête mille. J'en ai vu, dit-il,

* Il y a des géographes qui prétendent que M. de la Salle n'a jamais descendu le Mississipi.

à deux cents lieues d'ici [1], des amas dont un seul auroit rempli tous les chantiers de Paris : rien alors n'est capable de les détacher; le limon que charie le fleuve leur sert de ciment et les couvre peu à peu; chaque inondation en laisse une nouvelle couche, et après dix ans au plus les lianes et les arbrisseaux commencent à y croître : c'est ainsi que se sont formées la plupart des pointes et des îles qui font si souvent changer de cours au fleuve [2].

Cependant tous les changemens que les fleuves occasionnent, sont assez lents, et ne peuvent devenir considérables qu'au bout d'une longue suite d'années : mais il est arrivé des changemens brusques et subits par les inondations et les tremblemens de terre. Les anciens prêtres égyptiens, six cents ans avant la naissance de Jesus-Christ, assuroient, au rapport de Platon dans le *Timée*, qu'autrefois il y avoit une grande île auprès des colonnes d'Hercule, plus grande que l'Asie et la Libye prises ensemble, qu'on appeloit *Atlan-*

[1] De la nouvelle Orléans.

[2] Voyez les *Voyages du P. Charlevoix*, tome III, page 440.

tide; que cette grande île fut inondée et abîmée sous les eaux de la mer après un grand tremblement de terre. *Traditur Atheniensis civitas restitisse olim innumeris hostium copiis quæ, ex Atlantico mari profectæ, propè jam cunctam Europam Asiamque obsederunt. Tunc enim erat fretum illud navigabile, habens in ore et quasi vestibulo ejus insulam quas Herculis Columnas cognominant : ferturque insula illa Libyâ simul et Asiâ major fuisse, per quam ad alias proximas insulas patebat aditus, atque ex insulis ad omnem continentem è conspectu jacentem vero mari vicinam. Sed intrà os ipsum portus angusto sinu fuisse traditur. Pelagus illud verum mare, terra quoque illa verè erat continens, etc. Post hæc ingenti terræ motu jugique diei unius et noctis illuvione factum est, ut terra dehiscens omnes illos bellicosos absorberet, et Atlantis insula sub vasto gurgite mergeretur.* (Plato *in Timæo.*) Cette ancienne tradition n'est pas absolument contre toute vraisemblance : les terres qui ont été absorbées par les eaux, sont peut-être celles qui joignoient l'Irlande aux Açores, et celles-ci au continent de l'Amérique ; car on trouve en Irlande les mêmes fossiles, les

mêmes coquillages et les mêmes productions marines que l'on trouve en Amérique, dont quelques unes sont différentes de celles qu'on trouve dans le reste de l'Europe.

Eusèbe rapporte deux témoignages au sujet des déluges, dont l'un est de Melon, qui dit que la Syrie avoit été autrefois inondée dans toutes les plaines ; l'autre est d'Abydenus, qui dit que du temps du roi Sisithrus il y eut un grand déluge qui avoit été prédit par Saturne. Plutarque *de solertia animalium*, Ovide et les autres mythologistes parlent du déluge de Deucalion, qui s'est fait, dit-on, en Thessalie, environ sept cents ans après le déluge universel. On prétend aussi qu'il y en a eu un plus ancien dans l'Attique, du temps d'Ogygès, environ deux cent trente ans avant celui de Deucalion. Dans l'année 1095 il y eut un déluge en Syrie qui noya une infinité d'hommes [1]. En 1164 il y en eut un si considérable dans la Frise, que toutes les côtes maritimes furent submergées avec plusieurs milliers d'hommes [2]. En 1218 il y

[1] Voyez Alfred, *Chron.* chap. XXV.

[2] Voyez Krank, liv. V, chap. 4.

eut une autre inondation qui fit périr près de cent mille hommes, aussi-bien qu'en 1530. Il y a plusieurs autres exemples de ces grandes inondations, comme celle de 1604 en Angleterre, etc.

Une troisième cause de changement sur la surface du globe sont les vents impétueux. Non seulement ils forment des dunes et des collines sur les bords de la mer et dans le milieu des continens, mais souvent ils arrêtent et font rebrousser les rivières ; ils changent la direction des fleuves; ils enlèvent les terres cultivées, les arbres; ils renversent les maisons ; ils inondent, pour ainsi dire, des pays tout entiers. Nous avons un exemple de ces inondations de sable en France, sur les côtes de Bretagne : l'*Histoire de l'académie*, année 1722, en fait mention dans les termes suivans.

« Aux environs de Saint-Paul de Léon en « basse Bretagne, il y a sur la mer un can- « ton qui avant l'an 1666 étoit habité et ne « l'est plus à cause d'un sable qui le couvre « jusqu'à une hauteur de plus de vingt pieds, « et qui d'année en année s'avance et gagne « du terrain. A compter de l'époque marquée,

« il a gagné plus de six lieues, et il n'est plus
« qu'à une demi-lieue de Saint-Paul, de sorte
« que, selon les apparences, il faudra aban-
« donner cette ville. Dans le pays submergé
« on voit encore quelques pointes de clochers
« et quelques cheminées qui sortent de cette
« mer de sable ; les habitans des villages en-
« terrés ont eu du moins le loisir de quitter
« leurs maisons pour aller mendier *.

« C'est le vent d'est ou du nord qui avance
« cette calamité : il élève ce sable qui est très-
« fin, et le porte en si grande quantité et avec
« tant de vîtesse, que M. Deslandes, à qui
« l'académie doit cette observation, dit qu'en
« se promenant en ce pays-là pendant que le
« vent charioit, il étoit obligé de secouer de
« temps en temps son chapeau et son habit,
« parce qu'il les sentoit appesantis. De plus,
« quand ce vent est violent, il jette ce sable
« par-dessus un petit bras de mer jusque dans
« Roscof, petit port assez fréquenté par les
« vaisseaux étrangers ; le sable s'élève dans
« les rues de cette bourgade jusqu'à deux
« pieds, et on l'enlève par charretées. On

* Page 7.

« peut remarquer en passant, qu'il y a dans « ce sable beaucoup de parties ferrugineuses, « qui se reconnoissent au couteau aimanté.

« L'endroit de la côte qui fournit tout ce « sable, est une plage qui s'étend depuis Saint-« Paul jusque vers Plouescat, c'est-à-dire « un peu plus de quatre lieues, et qui est « presque au niveau de la mer lorsqu'elle est « pleine. La disposition des lieux est telle, « qu'il n'y a que le vent d'est, ou de nord-est, « qui ait la direction nécessaire pour porter le « sable dans les terres. Il est aisé de concevoir « comment le sable porté et accumulé par le « vent en un endroit, est repris ensuite par « le même vent et porté plus loin, et qu'ainsi « le sable peut avancer en submergeant le « pays, tant que la minière qui le fournit « en fournira de nouveau; car sans cela le « sable, en avançant, diminueroit toujours de « hauteur, et cesseroit de faire du ravage. « Or il n'est que trop possible que la mer « jette ou dépose long-temps de nouveau sable « dans cette plage d'où le vent l'enlève : il est « vrai qu'il faut qu'il soit toujours aussi fin « pour être aisément enlevé.

« Le désastre est nouveau, parce que la

« plage qui fournit le sable, n'en avoit pas « encore une assez grande quantité pour s'é- « lever au-dessus de la surface de la mer, ou « peut-être parce que la mer n'a abandonné « cet endroit et ne l'a laissé découvert que « depuis un temps : elle a eu quelque mou- « vement sur cette côte ; elle vient présente- « ment dans le flux une demi-lieue en deçà « de certaines roches qu'elle ne passoit pas « autrefois.

« Ce malheureux canton inondé d'une fa- « çon si singulière justifie ce que les anciens « et les modernes rapportent des tempêtes de « sable excitées en Afrique, qui ont fait périr « des villes, et même des armées. »

M. Shaw nous dit que les ports de Laodicée et de Jébilée, de Tortose, de Rowadse, de Tripoli, de Tyr, d'Acre, de Jaffa, sont tous remplis et comblés des sables qui ont été chariés par les grandes vagues qu'on a sur cette côte de la Méditerranée lorsque le vent d'ouest souffle avec violence *.

Il est inutile de donner un plus grand nombre d'exemples des altérations qui arrivent

* Voyez les *Voyages de Shaw*, vol. II.

sur la terre ; le feu, l'air et l'eau y produisent des changemens continuels, et qui deviennent très-considérables avec le temps : non seulement il y a des causes générales dont les effets sont périodiques et réglés, par lesquels la mer prend successivement la place de la terre et abandonne la sienne, mais il y a une grande quantité de causes particulières qui contribuent à ces changemens, et qui produisent des bouleversemens, des inondations, des affaissemens ; et la surface de la terre, qui est ce que nous connoissons de plus solide, est sujette, comme tout le reste de la nature, à des vicissitudes perpétuelles.

ADDITION
A L'ARTICLE PRÉCÉDENT.

Au sujet des changemens de mer en terre, on verra, en parcourant les côtes de France, qu'une partie de la Bretagne, de la Picardie, de la Flandre et de la basse Normandie, ont été abandonnées par la mer assez récemment, puisqu'on y trouve des amas d'huîtres et

d'autres coquilles fossiles dans le même état qu'on les tire aujourd'hui de la mer voisine. Il est très-certain que la mer perd sur les côtes de Dunkerque : on en a l'expérience depuis un siècle. Lorsqu'on construisit les jetées de ce port en 1670, le fort de Bonne-Espérance, qui terminoit une de ces jetées, fut bâti sur pilotis, bien au-delà de la laisse de la basse mer ; actuellement la plage s'est avancée au-delà de ce fort de près de trois cents toises. En 1714, lorsqu'on creusa le nouveau port de Mardik, on avoit également porté les jetées jusqu'au-delà de la laisse de la basse mer ; présentement il se trouve au-delà une plage de plus de cinq cents toises à sec à marée basse. Si la mer continue à perdre, insensiblement Dunkerque, comme Aigues-mortes, ne sera plus un port de mer, et cela pourra arriver dans quelques siècles. La mer ayant perdu si considérablement de notre connoissance, combien n'a-t-elle pas dû perdre depuis que le monde existe !

Il suffit de jeter les yeux sur la Saintonge maritime, pour être persuadé qu'elle a été ensevelie sous les eaux. L'Océan, qui la couvroit, ayant abandonné ces terres, la Charente

le suivit à mesure qu'il faisoit retraite, et forma dès lors une rivière dans les lieux mêmes où elle n'étoit auparavant qu'un grand lac ou un marais. Le pays d'Aunis a autrefois été submergé par la mer et par les eaux stagnantes des marais : c'est une des terres les plus nouvelles de la France ; il y a lieu de croire que ce terrain n'étoit encore qu'un marais vers la fin du quatorzième siècle.

Il paroît donc que l'Océan a baissé de plusieurs pieds, depuis quelques siècles, sur toutes nos côtes : et si l'on examine celles de la Méditerranée depuis le Roussillon jusqu'en Provence, on reconnoîtra que cette mer a fait aussi retraite à peu près dans la même proportion ; ce qui semble prouver que toutes les côtes d'Espagne et de Portugal se sont, comme celles de France, étendues en circonférence. On a fait la même remarque en Suède, où quelques physiciens ont prétendu, d'après leurs observations, que dans quatre mille ans, à dater de ce jour, la Baltique, dont la profondeur n'est guère que de trente brasses, sera une terre découverte et abandonnée par les eaux.

Si l'on faisoit de semblables observations

dans tous les pays du monde, je suis persuadé qu'on trouveroit généralement que la mer se retire de toutes parts. Les mêmes causes qui ont produit sa première retraite et son abaissement successif, ne sont pas absolument anéanties; la mer étoit dans le commencement élevée de plus de deux mille toises au-dessus de son niveau actuel: les grandes boursouflures de la surface du globe, qui se sont écroulées les premières, ont fait baisser les eaux, d'abord rapidement; ensuite, à mesure que d'autres cavernes moins considérables se sont affaissées, la mer se sera proportionnellement déprimée; et, comme il existe encore un assez grand nombre de cavités qui ne sont pas écroulées, et que de temps en temps cet effet doit arriver, soit par l'action des volcans, soit par la seule force de l'eau, soit par l'effort des tremblemens de terre, il me semble qu'on peut prédire, sans craindre de se tromper, que les mers se retireront de plus en plus avec le temps, en s'abaissant encore au-dessous de leur niveau actuel, et que par conséquent l'étendue des continens terrestres ne fera qu'augmenter avec les siècles.

CONCLUSION.

Il paroît certain par les preuves que nous avons données (art. VII et VIII), que les continens terrestres ont été autrefois couverts par les eaux de la mer; il paroît tout aussi certain (art. XII) que le flux et le reflux, et les autres mouvemens des eaux, détachent continuellement des côtes et du fond de la mer, des matières de toute espèce, et des coquilles qui se déposent ensuite quelque part, et tombent au fond de l'eau comme des sédimens, et que c'est là l'origine des couches parallèles et horizontales qu'on trouve partout. Il paroît (art. IX) que les inégalités du globe n'ont pas d'autre cause que celle du mouvement des eaux de la mer, et que les montagnes ont été produites par l'amas successif et l'entassement des sédimens dont nous parlons, qui ont formé les différens lits dont elles sont composées. Il est évident que les courans qui ont suivi d'abord la direction

de ces inégalités, leur ont donné ensuite à toutes la figure qu'elles conservent encore aujourd'hui (art. XIII), c'est-à-dire, cette correspondance alternative des angles saillans toujours opposés aux angles rentrans. Il paroît de même (art. VIII et XVIII) que la plus grande partie des matières que la mer a détachées de son fond et de ses côtes, étoient en poussière lorsqu'elles se sont précipitées en forme de sédimens, et que cette poussière impalpable a rempli l'intérieur des coquilles absolument et parfaitement, lorsque ces matières se sont trouvées ou de la nature même des coquilles, ou d'une autre nature analogue. Il est certain (art. XVII) que les couches horizontales qui ont été produites successivement par le sédiment des eaux, et qui étoient d'abord dans un état de mollesse, ont acquis de la dureté à mesure qu'elles se sont desséchées, et que ce desséchement a produit des fentes perpendiculaires qui traversent les couches horizontales.

Il n'est pas possible de douter, après avoir vu les faits qui sont rapportés dans les articles X, XI, XIV, XV, XVI, XVII, XVIII et XIX,

qu'il ne soit arrivé une infinité de révolutions, de bouleversemens, de changemens particuliers et d'altérations sur la surface de la terre, tant par le mouvement naturel des eaux de la mer, que par l'action des pluies, des gelées, des eaux courantes, des vents, des feux souterrains, des tremblemens de terre, des inondations, etc. et que par conséquent la mer n'ait pu prendre successivement la place de la terre, sur-tout dans les premiers temps après la création, où les matières terrestres étoient beaucoup plus molles qu'elles ne le sont aujourd'hui. Il faut cependant avouer que nous ne pouvons juger que très-imparfaitement de la succession des révolutions naturelles; que nous jugeons encore moins de la suite des accidens, des changemens et des altérations; que le défaut des monumens historiques nous prive de la connoissance des faits : il nous manque de l'expérience et du temps; nous ne faisons pas réflexion que ce temps qui nous manque, ne manque point à la nature; nous voulons rapporter à l'instant de notre existence les siècles passés et les âges à venir, sans consi-

dérer que cet instant, la vie humaine, étendue même autant qu'elle peut l'être par l'histoire, n'est qu'un point dans la durée, un seul fait dans l'histoire des faits de Dieu.

INTRODUCTION

A

L'HISTOIRE DES MINERAUX.

DES ÉLÉMENS.

PREMIÈRE PARTIE.

De la lumière, de la chaleur et du feu.

LES puissances de la nature, autant qu'elles nous sont connues, peuvent se réduire à deux forces primitives, celle qui cause la pesanteur, et celle qui produit la chaleur. La force d'impulsion leur est subordonnée; elle dépend de la première pour ses effets particuliers, et tient à la seconde pour l'effet général. Comme

l'impulsion ne peut s'exercer qu'au moyen du ressort, et que le ressort n'agit qu'en vertu de la force qui rapproche les parties éloignées, il est clair que l'impulsion a besoin, pour opérer, du concours de l'attraction : car si la matière cessoit de s'attirer, si les corps perdoient leur cohérence, tout ressort ne seroit-il pas détruit, toute communication de mouvement interceptée, toute impulsion nulle, puisque, dans le fait [1], le mouvement ne se communique et ne peut se transmettre d'un corps à un autre que par l'élasticité; qu'enfin on peut démontrer qu'un corps parfaitement dur, c'est-à-dire absolument inflexible, seroit en même temps absolument immobile et tout-à-fait incapable de recevoir l'action d'un autre corps [2]?

[1] Pour une plus grande intelligence, je prie mes lecteurs de voir la seconde partie de l'article de cet ouvrage, qui a pour titre : *De la nature, seconde vue.*

[2] La communication du mouvement a toujours été regardée comme une vérité d'expérience, et les plus grands mathématiciens se sont contentés d'en calculer les résultats dans les différentes circonstances, et nous ont donné sur cela des règles et des

L'attraction étant un effet général, constant et permanent, l'impulsion, qui, dans la plupart des corps, est particulière, et n'est ni constante ni permanente, en dépend donc

formules, où ils ont employé beaucoup d'art: mais personne, ce me semble, n'a jusqu'ici considéré la nature intime du mouvement, et n'a tâché de se représenter et de présenter aux autres la manière physique dont le mouvement se transmet et passe d'un corps à un autre corps. On a prétendu que les corps durs pouvoient le recevoir comme les corps à ressort; et sur cette hypothèse dénuée de preuves, on a fondé des propositions et des calculs dont on a tiré une infinité de fausses conséquences : car les corps supposés durs et parfaitement inflexibles ne pourroient recevoir le mouvement. Pour le prouver, soit un globe parfaitement dur, c'est-à-dire inflexible dans toutes ses parties; chacune de ces parties ne pourra par conséquent être rapprochée ou éloignée de la partie voisine, sans quoi cela seroit contre la supposition : donc, dans un globe parfaitement dur, les parties ne peuvent recevoir aucun déplacement, aucun changement, aucune action; car si elles recevoient une action, elles auroient une réaction, les corps ne pouvant réagir qu'en agissant. Puis donc que toutes les parties prises séparément ne peuvent recevoir aucune action, elles ne peuvent en communiquer; la partie postérieure, qui est frappée la première, ne pourra

comme un effet particulier dépend d'un effet général; car au contraire, si toute impulsion étoit détruite, l'attraction subsisteroit et n'en agiroit pas moins, tandis que celle-ci venant

pas communiquer le mouvement à la partie antérieure, puisque cette partie postérieure, qui a été supposée inflexible, ne peut pas changer, eu égard aux autres parties: donc il seroit impossible de communiquer aucun mouvement à un corps inflexible. Mais l'expérience nous apprend qu'on communique le mouvement à tous les corps : donc tous les corps sont à ressort; donc il n'y a point de corps parfaitement durs et inflexibles dans la nature. Un de mes amis (M. Gueneau de Montbeillard), homme d'un excellent esprit, m'a écrit à ce sujet dans les termes suivans : « De la supposition de l'immobilité absolue « des corps absolument durs, il suit qu'il ne faudroit « peut-être qu'un pied cube de cette matière pour « arrêter tout le mouvement de l'univers connu : et « si cette immobilité absolue étoit prouvée, il semble « que ce n'est point assez de dire qu'il n'existe point « de ces corps dans la nature, et qu'on peut les traiter « d'impossibles, et dire que la supposition de leur « existence est absurde ; car le mouvement prove-« nant du ressort leur ayant été refusé, ils ne peu-« vent dès lors être capables du mouvement prove-« nant de l'attraction, qui est, par l'hypothèse, la « cause du ressort. »

à cesser, l'autre seroit non seulement sans exercice, mais même sans existence : c'est donc cette différence essentielle qui subordonne l'impulsion à l'attraction dans toute matière brute et purement passive.

Mais cette impulsion, qui ne peut ni s'exercer ni se transmettre dans les corps bruts qu'au moyen du ressort, c'est-à-dire, du secours de la force d'attraction, dépend encore plus immediatement, plus généralement, de la force qui produit la chaleur : car c'est principalement par le moyen de la chaleur que l'impulsion pénètre dans les corps organisés ; c'est par la chaleur qu'ils se forment, croissent et se développent. On peut rapporter à l'attraction seule tous les effets de la matière brute, et à cette même force d'attraction, jointe à celle de la chaleur, tous les phénomènes de la matière vive.

J'entends par matière vive, non seulement tous les êtres qui vivent ou végètent, mais encore toutes les molécules organiques vivantes, dispersées et répandues dans les détrimens ou résidus des corps organisés : je comprends encore dans la matière vive celle de la lumière, du feu, de la chaleur ; en un

mot, toute matière qui nous paroît être active par elle-même. Or cette matière vive tend toujours du centre à la circonférence, au lieu que la matière brute tend au contraire de la circonférence au centre; c'est une force expansive qui anime la matière vive, et c'est une force attractive à laquelle obéit la matière brute : quoique les directions de ces deux forces soient diamétralement opposées, l'action de chacune ne s'en exerce pas moins; elles se balancent sans jamais se détruire, et de la combinaison de ces deux forces également actives résultent tous les phénomènes de l'univers.

Mais, dira-t-on, vous réduisez toutes les puissances de la nature à deux forces, l'une attractive et l'autre expansive, sans donner la cause ni de l'une ni de l'autre, et vous subordonnez à toutes deux l'impulsion, qui est la seule force dont la cause nous soit connue et démontrée par le rapport de nos sens : n'est-ce pas abandonner une idée claire, et y substituer deux hypothèses obscures?

A cela je réponds que, ne connoissant rien que par comparaison, nous n'aurons jamais d'idée de ce qui produit un effet général, parce

que cet effet appartenant à tout, on ne peut dès lors le comparer à rien. Demander quelle est la cause de la force attractive, c'est exiger qu'on nous dise la raison pourquoi toute la matière s'attire : or ne nous suffit-il pas de savoir que réellement toute la matière s'attire, et n'est-il pas aisé de concevoir que cet effet étant général, nous n'avons nul moyen de le comparer, et par conséquent nulle espérance d'en connoître jamais la cause ou la raison? Si l'effet, au contraire, étoit particulier comme celui de l'attraction de l'aimant et du fer, on doit espérer d'en trouver la cause, parce qu'on peut le comparer à d'autres effets particuliers, ou le ramener à l'effet général. Ceux qui exigent qu'on leur donne la raison d'un effet général, ne connoissent ni l'étendue de la nature ni les limites de l'esprit humain : demander pourquoi la matière est étendue, pesante, impénétrable, sont moins des questions que des propos mal conçus, et auxquels on ne doit aucune réponse. Il en est de même de toute propriété particulière lorsqu'elle est essentielle à la chose : demander, par exemple, pourquoi le rouge est rouge, seroit une interrogation puérile, à laquelle on ne

doit pas répondre. Le philosophe est tout près de l'enfant lorsqu'il fait de semblables demandes; et autant on peut les pardonner à la curiosité non réfléchie du dernier, autant le premier doit les rejeter et les exclure de ses idées.

Puis donc que la force d'attraction et la force d'expansion sont deux effets généraux, on ne doit pas nous en demander les causes; il suffit qu'ils soient généraux et tous deux réels, tous deux bien constatés, pour que nous devions les prendre eux-mêmes pour causes des effets particuliers; et l'impulsion est un de ces effets qu'on ne doit pas regarder comme une cause générale connue ou démontrée par le rapport de nos sens, puisque nous avons prouvé que cette force d'impulsion ne peut exister ni agir qu'au moyen de l'attraction qui ne tombe point sous nos sens. Rien n'est plus évident, disent certains philosophes, que la communication du mouvement par l'impulsion; il suffit qu'un corps en choque un autre pour que cet effet suive: mais, dans ce sens même, la cause de l'attraction n'est-elle pas encore plus évidente et bien plus générale, puisqu'il suffit d'abandon-

ner un corps pour qu'il tombe et prenne du mouvement sans choc? le mouvement appartient donc, dans tous les cas, encore plus à l'attraction qu'à l'impulsion.

Cette première réduction étant faite, il seroit peut-être possible d'en faire une seconde, et de ramener la puissance même de l'expansion à celle de l'attraction, en sorte que toutes les forces de la matière dépendroient d'une seule force primitive : du moins cette idée me paroîtroit bien digne de la sublime simplicité du plan sur lequel opère la nature. Or ne pouvons-nous pas concevoir que cette attraction se change en répulsion toutes les fois que les corps s'approchent d'assez près pour éprouver un frottement ou un choc des uns contre les autres? L'impénétrabilité, qu'on ne doit pas regarder comme une force, mais comme une résistance essentielle à la matière, ne permettant pas que deux corps puissent occuper le même espace, que doit-il arriver lorsque deux molécules, qui s'attirent d'autant plus puissamment qu'elles s'approchent de plus près, viennent tout-à-coup à se heurter? cette résistance invincible de l'impénétrabilité ne devient-elle pas alors une force

active, ou plutôt réactive, qui, dans le contact, repousse les corps avec autant de vîtesse qu'ils en avoient acquis au moment de se toucher? et dès lors la force expansive ne sera point une force particulière opposée à la force attractive, mais un effet qui en dérive, et qui se manifeste toutes les fois que les corps se choquent ou frottent les uns contre les autres.

J'avoue qu'il faut supposer dans chaque molécule de matière, dans chaque atome quelconque, un ressort parfait, pour concevoir clairement comment s'opère ce changement de l'attraction en répulsion; mais cela même nous est assez indiqué par les faits: plus la matière s'atténue, et plus elle prend de ressort; la terre et l'eau, qui en sont les agrégats les plus grossiers, ont moins de ressort que l'air; et le feu, qui est le plus subtil des élémens, est aussi celui qui a le plus de force expansive. Les plus petites molécules de la matière, les plus petits atomes que nous connoissions sont ceux de la lumière; et l'on sait qu'ils sont parfaitement élastiques, puisque l'angle sous lequel la lumière se réfléchit est toujours égal à celui

sous lequel elle arrive : nous pouvons donc en inférer que toutes les parties constitutives de la matière en général sont à ressort parfait, et que ce ressort produit tous les effets de la force expansive, toutes les fois que les corps se heurtent ou se frottent en se rencontrant dans des directions opposées.

L'expérience me paroît parfaitement d'accord avec ces idées : nous ne connoissons d'autres moyens de produire du feu que par le choc ou le frottement des corps; car le feu que nous produisons par la réunion des rayons de la lumière, ou par l'application du feu déja produit à des matières combustibles, n'a-t-il pas néanmoins la même origine à laquelle il faudra toujours remonter, puisqu'en supposant l'homme sans miroirs ardens et sans feu actuel, il n'aura d'autres moyens de produire le feu qu'en frottant ou choquant des corps solides les uns contre les autres *?

* Le feu que produit quelquefois la fermentation des herbes entassées, celui qui se manifeste dans les effervescences, ne sont pas une exception qu'on puisse m'opposer, puisque cette production du feu par la

La force expansive pourroit donc bien n'être, dans le réel, que la réaction de la force attractive; réaction qui s'opère toutes les fois que les molécules primitives de la matière, toujours attirées les unes par les autres, arrivent à son toucher immédiatement : car dès lors il est nécessaire qu'elles soient repoussées avec autant de vîtesse qu'elles en avoient acquis en direction contraire au moment du contact *; et lorsque ces

fermentation et par l'effervescence dépend, comme tout autre, de l'action ou du choc des parties de la matière les unes contre les autres.

* Il est certain, me dira-t-on, que les molécules rejailliront après le contact, parce que leur vîtesse à ce point, et qui leur est rendue par le ressort, est la somme des vîtesses acquises dans tous les momens précédens par l'effet continuel de l'attraction, et par conséquent doit l'emporter sur l'effort instantané de l'attraction dans le seul moment du contact. Mais ne sera-t-elle pas continuellement retardée, et enfin détruite, lorsqu'il y aura équilibre entre la somme des efforts de l'attraction avant le contact, et la somme des efforts de l'attraction après le contact ? Comme cette question pourroit faire naître des doutes ou laisser quelques nuages sur cet objet, qui par lui-même est difficile à saisir, je vais tâcher d'y

molécules sont absolument libres de toute cohérence, et qu'elles n'obéissent qu'au seul mouvement produit par leur attraction, cette vîtesse acquise est immense dans le point du contact. La chaleur, la lumière, le feu, qui sont les grands effets de la force expansive, seront produits toutes les fois qu'artificiellement ou naturellement les corps seront divisés en parties très-petites, et qu'ils se rencontreront dans des directions opposées; et

satisfaire en m'expliquant encore plus clairement. Je suppose deux molécules, ou, pour rendre l'image plus sensible, deux grosses masses de matière, telles que la Lune et la Terre, toutes deux douées d'un ressort parfait dans toutes les parties de leur intérieur : qu'arriveroit-il à ces deux masses isolées de toute autre matière, si tout leur mouvement progressif étoit tout-à-coup arrêté, et qu'il ne restât à chacune d'elles que leur force d'attraction réciproque? Il est clair que, dans cette supposition, la Lune et la Terre se précipiteroient l'une vers l'autre, avec une vîtesse qui augmenteroit à chaque moment dans la même raison que diminueroit le quarré de leur distance. Les vîtesses acquises seront donc immenses au point de contact, ou, si l'on veut, au moment de leur choc; et dès lors ces deux corps, que nous avons supposés à ressort parfait, et libres

la chaleur sera d'autant plus sensible, la lumière d'autant plus vive, le feu d'autant plus violent, que les molécules se seront précipitées les unes contre les autres avec plus de vîtesse par leur force d'attraction mutuelle.

de tous autres empêchemens, c'est-à-dire, entièrement isolés, rejailliront chacun, et s'éloigneront l'un de l'autre dans la direction opposée, et avec la même vîtesse qu'ils avoient acquise au point du contact; vîtesse qui, quoique diminuée continuellement par leur attraction réciproque, ne laisseroit pas de les porter d'abord au même lieu d'où ils sont partis, mais encore infiniment plus loin, parce que la retardation du mouvement est ici en ordre inverse de celui de l'accélération, et que la vîtesse acquise au point du choc étant immense, les efforts de l'attraction ne pourront la réduire à zéro qu'à une distance dont le quarré seroit également immense; en sorte que si le contact étoit absolu, et que la distance des deux corps qui se choquent, fût absolument nulle, ils s'éloigneroient l'un de l'autre jusqu'à une distance infinie: et c'est à peu près ce que nous voyons arriver à la lumière et au feu dans le moment de l'inflammation des matières combustibles; car, dans l'instant même, elles lancent leur lumière à une très-grande distance, quoique les particules qui se sont converties en lumière fussent auparavant très-voisines les unes des autres.

De là on doit conclure que toute matière peut devenir lumière, chaleur, feu; qu'il suffit que les molécules d'une substance quelconque se trouvent dans une situation de liberté, c'est-à-dire, dans un état de division assez grande et de séparation telle, qu'elles puissent obéir sans obstacle à toute la force qui les attire les unes vers les autres; car, dès qu'elles se rencontreront, elles réagiront les unes contre les autres, et se fuiront en s'éloignant avec autant de vîtesse qu'elles en avoient acquis au moment du contact, qu'on doit regarder comme un vrai choc, puisque deux molécules qui s'attirent mutuellement, ne peuvent se rencontrer qu'en direction contraire. Ainsi la lumière, la chaleur et le feu ne sont pas des matières particulières, des matières différentes de toute autre matière; ce n'est toujours que la même matière qui n'a subi d'autre altération, d'autre modification, qu'une grande division de parties, et une direction de mouvement en sens contraire par l'effet du choc et de la réaction.

Ce qui prouve assez évidemment que cette matière du feu et de la lumière n'est pas une substance différente de toute autre matière,

c'est qu'elle conserve toutes les qualités essentielles, et même la plupart des attributs de la matière commune. 1°. La lumière, quoique composée de particules presque infiniment petites, est néanmoins encore divisible, puisqu'avec le prisme on sépare les uns des autres les rayons, ou, pour parler plus clairement, les atomes différemment colorés. 2°. La lumière, quoique douée en apparence d'une qualité toute opposée à celle de la pesanteur, c'est-à-dire, d'une volatilité qu'on croiroit lui être essentielle, est néanmoins pesante comme toute autre matière, puisqu'elle fléchit toutes les fois qu'elle passe auprès des autres corps et qu'elle se trouve à portée de leur sphère d'attraction; je dois même dire qu'elle est fort pesante, relativement à son volume qui est d'une petitesse extrême, puisque la vîtesse immense avec laquelle la lumière se meut en ligne directe, ne l'empêche pas d'éprouver assez d'attraction près des autres corps, pour que sa direction s'incline et change d'une manière très-sensible à nos yeux. 3°. La substance de la lumière n'est pas plus simple que celle de toute autre matière, puisqu'elle est composée

de parties d'inégale pesanteur, que le rayon rouge est beaucoup plus pesant que le rayon violet, et qu'entre ces deux extrêmes elle contient une infinité de rayons intermédiaires, qui approchent plus ou moins de la pesanteur du rayon rouge ou de la légéreté du rayon violet : toutes ces conséquences dérivent nécessairement des phénomènes de l'inflexion de la lumière, et de sa réfraction*, qui, dans le réel, n'est qu'une inflexion qui s'opère lorsque la lumière passe à travers les

* L'attraction universelle agit sur la lumière; il ne faut, pour s'en convaincre, qu'examiner les cas extrêmes de la réfraction: lorsqu'un rayon de lumière passe à travers un crystal sous un certain angle d'obliquité, la direction change tout-à-coup, et, au lieu de continuer sa route, il rentre dans le crystal et se réfléchit. Si la lumière passe du verre dans le vide, toute la force de cette puissance s'exerce, et le rayon est contraint de rentrer et rentre dans le verre par un effet de son attraction que rien ne balance; si la lumière passe du crystal dans l'air, l'attraction du crystal, plus forte que celle de l'air, la ramène encore, mais avec moins de force, parce que cette attraction du verre est en partie détruite par celle de l'air qui agit en sens contraire sur le rayon de lumière; si ce rayon passe

corps transparens. 4°. On peut démontrer que la lumière est massive, et qu'elle agit, dans quelque cas, comme agissent tous les autres corps : car, indépendamment de son effet ordinaire, qui est de briller à nos yeux, et de son action propre, toujours accompagnée d'éclat et souvent de chaleur, elle agit par sa masse lorsqu'on la condense en la réunissant, et elle agit au point de mettre en mouvement des corps assez pesans placés au foyer d'un bon miroir ardent; elle fait tourner

du crystal dans l'eau, l'effet est bien moins sensible, le rayon rentre à peine, parce que l'attraction du crystal est presque toute détruite par celle de l'eau, qui s'oppose à son action ; enfin, si la lumière passe du crystal dans le crystal, comme les deux attractions sont égales, l'effet s'évanouit et le rayon continue sa route. D'autres expériences démontrent que cette puissance attractive, ou cette force réfringente, est toujours à très-peu près proportionnelle à la densité des matières transparentes, à l'exception des corps onctueux et sulfureux, dont la force réfringente est plus grande, parce que la lumière a plus d'analogie, plus de rapport de nature avec les matières inflammables qu'avec les autres matières.

Mais s'il restoit quelque doute sur cette attraction

une aiguille sur un pivot placé à son foyer; elle pousse, déplace et chasse les feuilles d'or ou d'argent qu'on lui présente avant de les fondre, et même avant de les échauffer sensiblement. Cette action produite par sa masse est la première et précède celle de la chaleur; elle s'opère entre la lumière condensée et les feuilles de métal, de la même façon qu'elle s'opère entre deux autres corps qui deviennent contigus, et par conséquent la lumière a encore cette propriété commune avec toute

de la lumière vers les corps, qu'on jette les yeux sur les inflexions que souffre un rayon lorsqu'il passe fort près de la surface d'un corps : un trait de lumière ne peut entrer par un très-petit trou dans une chambre obscure, sans être puissamment attiré vers les bords du trou; ce petit faisceau de rayons se divise, chaque rayon voisin de la circonférence du trou se plie vers cette circonférence, et cette inflexion produit des franges colorées, des apparences constantes, qui sont l'effet de l'attraction de la lumière vers les corps voisins. Il en est de même des rayons qui passent entre deux lames de couteaux : les uns se plient vers la lame supérieure, les autres vers la lame inférieure; il n'y a que ceux du milieu qui, souffrant une égale attraction des deux côtés, ne sont pas détournés, et suivent leur direction.

autre matière. 5°. Enfin on sera forcé de convenir que la lumière est un mixte, c'est-à-dire, une matière composée, comme la matière commune, non seulement de parties plus grosses et plus petites, plus ou moins pesantes, plus ou moins mobiles, mais encore différemment figurées. Quiconque aura réfléchi sur les phénomènes que Newton appelle *les accès de facile réflexion et de facile transmission de la lumière*; et sur les effets de la double réfraction du crystal de roche, et du spath appelé *crystal d'Islande*, ne pourra s'empêcher de reconnoître que les atomes de la lumière ont plusieurs côtés, plusieurs faces différentes, qui, selon qu'elles se présentent, produisent constamment des effets différens*.

En voilà plus qu'il n'en faut pour démon-

* Chaque rayon de lumière a deux côtés opposés, doués originairement d'une propriété d'où dépend la réfraction extraordinaire du crystal, et deux autres côtés opposés, qui n'ont pas cette propriété. (*Optique* de Newton, *question XXVI*, traduction de Coste.) Cette propriété dont parle ici Newton, ne peut dépendre que de l'étendue ou de la figure de chacun des côtés des rayons, c'est-à-dire, des atomes de lumière. Voyez cet article en entier dans Newton.

trer que la lumière n'est pas une matière particulière ni différente de la matière commune ; que son essence est la même, ses propriétés essentielles les mêmes ; qu'enfin elle n'en diffère que parce qu'elle a subi dans le point du contact la répulsion d'où provient sa volatilité. Et de la même manière que l'effet de la force d'attraction s'étend à l'infini, toujours en décroissant comme l'espace augmente, les effets de la répulsion s'étendent et décroissent de même, mais en ordre inverse ; en sorte que l'on peut appliquer à la force expansive tout ce que l'on sait de la force attractive : ce sont pour la nature deux instrumens de même espèce, ou plutôt ce n'est que le même instrument qu'elle manie dans deux sens opposés.

Toute matière deviendra lumière dès que toute cohérence étant détruite, elle se trouvera divisée en molécules suffisamment petites, et que ces molécules étant en liberté, seront déterminées par leur attraction mutuelle à se précipiter les unes contre les autres : dans l'instant du choc, la force répulsive s'exercera, les molécules se fuiront en tout sens avec une vîtesse presque infinie, laquelle

néanmoins n'est qu'égale à leur vîtesse acquise au moment du contact ; car la loi de l'attraction étant d'augmenter comme l'espace diminue, il est évident qu'au contact l'espace, toujours proportionnel au quarré de la distance, devient nul, et que par conséquent la vîtesse acquise en vertu de l'attraction doit à ce point devenir presque infinie. Cette vîtesse seroit même infinie si le contact étoit immédiat, et par conséquent la distance entre les deux corps absolument nulle : mais, comme nous l'avons souvent répété, il n'y a rien d'absolu, rien de parfait dans la nature, et de même rien d'absolument grand, rien d'absolument petit, rien d'entièrement nul, rien de vraiment infini ; et tout ce que j'ai dit de la petitesse *infinie* des atomes qui constituent la lumière, de leur ressort *parfait*, de la distance *nulle* dans le moment du contact, ne doit s'entendre qu'avec restriction. Si l'on pouvoit douter de cette vérité métaphysique, il seroit possible d'en donner une démonstration physique, sans même nous écarter de notre sujet. Tout le monde sait que la lumière emploie environ sept minutes et demie de temps à venir du soleil jusqu'à nous.

Supposant donc le soleil à trente-six millions de lieues, la lumière parcourt cette énorme distance en sept minutes et demie, ou, ce qui revient au même (supposant son mouvement uniforme), quatre-vingt mille lieues en une seconde. Cette vîtesse, quoique prodigieuse, est néanmoins bien éloignée d'être infinie, puisqu'elle est déterminable par les nombres ; elle cessera même de paroître prodigieuse lorsqu'on réfléchira que la nature semble marcher en grand presque aussi vîte qu'en petit : il ne faut pour cela que supputer la célérité du mouvement des comètes à leur périhélie, ou même celle des planètes qui se meuvent le plus rapidement, et l'on verra que la vîtesse de ces masses immenses, quoique moindre, se peut néanmoins comparer d'assez près avec celle de nos atomes de lumière.

Et de même que toute matière peut se convertir en lumière par la division et la répulsion de ses parties excessivement divisées, lorsqu'elles éprouvent un choc des unes contre les autres, la lumière peut aussi se convertir en toute autre matière par l'addition de ses propres parties, accumulées par l'attraction

des autres corps. Nous verrons dans la suite que tous les élémens sont convertibles; et si l'on a douté que la lumière, qui paroît être l'élément le plus simple, pût se convertir en substance solide, c'est que, d'une part, on n'a pas fait assez d'attention à tous les phénomènes, et que, d'autre part, on étoit dans le préjugé qu'étant essentiellement volatile, elle ne pouvoit jamais devenir fixe. Mais n'avons-nous pas prouvé que la fixité et la volatilité dépendent de la même force attractive dans le premier cas, devenue répulsive dans le second? et dès lors ne sommes-nous pas fondés à croire que ce changement de la matière fixe en lumière, et de la lumière en matière fixe, est une des plus fréquentes opérations de la nature?

Après avoir montré que l'impulsion dépend de l'attraction, que la force expansive est la même que la force attractive devenue négative, que la lumière, et à plus forte raison la chaleur et le feu, ne sont que des manières d'être de la matière commune, qu'il n'existe en un mot qu'une seule force et une seule matière toujours prête à s'attirer ou à se repousser suivant les circons-

tances, recherchons comment, avec ce seul ressort et ce seul sujet, la nature peut varier ses œuvres à l'infini. Nous mettrons de la méthode dans cette recherche, et nous en présenterons les résultats avec plus de clarté en nous abstenant de comparer d'abord les objets les plus éloignés, les plus opposés, comme le feu et l'eau, l'air et la terre, et en nous conduisant au contraire par les mêmes degrés, par les mêmes nuances douces que suit la nature dans toutes ses démarches. Comparons donc les choses les plus voisines, et tâchons d'en saisir les différences, c'est-à-dire les particularités, et de les présenter avec encore plus d'évidence que leurs généralités. Dans le point de vue général, la lumière, la chaleur et le feu, ne font qu'un seul objet; mais, dans le point de vue particulier, ce sont trois objets distincts, trois choses qui, quoique se ressemblant par un grand nombre de propriétés, diffèrent néanmoins par un petit nombre d'autres propriétés assez essentielles pour qu'on puisse les regarder comme trois choses différentes, et qu'on doive les comparer une à une.

Quelles sont d'abord les propriétés com-

munes de la lumière et du feu ? quelles sont aussi leurs propriétés différentes ? La lumière, dit-on, et le feu élémentaire, ne sont qu'une même chose, une seule substance. Cela peut être ; mais comme nous n'avons pas encore d'idée nette du feu élémentaire, abstenons-nous de prononcer sur ce premier point. La lumière et le feu, tels que nous les connoissons, ne sont-ils pas au contraire deux choses différentes, deux substances distinctes et composées différemment ? Le feu est, à la vérité, très-souvent lumineux ; mais quelquefois aussi le feu existe sans aucune apparence de lumière : le feu, soit lumineux, soit obscur, n'existe jamais sans une grande chaleur, tandis que la lumière brille souvent avec éclat sans la moindre chaleur sensible. La lumière paroît être l'ouvrage de la nature ; le feu n'est que le produit de l'industrie de l'homme : la lumière subsiste, pour ainsi dire, par elle-même, et se trouve répandue dans les espaces immenses de l'univers entier ; le feu ne peut subsister qu'avec des alimens, et ne se trouve qu'en quelques points de l'espace où l'homme le conserve, et dans quelques endroits de la profondeur

de la terre, où il se trouve également entretenu par des alimens convenables. La lumière, à la vérité, lorsqu'elle est condensée, réunie par l'art de l'homme, peut produire du feu; mais ce n'est qu'autant qu'elle tombe sur des matières combustibles. La lumière n'est donc tout au plus, et dans ce seul cas, que le principe du feu, et non pas le feu : ce principe même n'est pas immédiat ; il en suppose un intermédiaire, et c'est celui de la chaleur, qui paroît tenir encore de plus près que la lumière à l'essence du feu. Or la chaleur existe tout aussi souvent sans lumière que la lumière existe sans chaleur : ces deux principes ne paroissent donc pas nécessairement liés ensemble ; leurs effets ne sont ni simultanés, ni contemporains, puisque dans de certaines circonstances on sent de la chaleur long-temps avant que la lumière paroisse, et que dans d'autres circonstances on voit de la lumière long-temps avant de sentir de la chaleur, et même sans en sentir aucune.

Dès lors la chaleur n'est-elle pas une autre manière d'être, une modification de la matière, qui diffère, à la vérité, moins que toute

autre de celle de la lumière, mais qu'on peut néanmoins considérer à part, et qu'on devroit concevoir encore plus aisément ? car la facilité plus ou moins grande que nous avons à concevoir les opérations différentes de la nature dépend de celle que nous avons d'y appliquer nos sens. Lorsqu'un effet de la nature tombe sous deux de nos sens, la vue et le toucher, nous croyons en avoir une pleine connoissance; un effet qui n'affecte que l'un ou l'autre de ces deux sens nous paroît plus difficile à connoître, et, dans ce cas, la facilité ou la difficulté d'en juger dépend du degré de supériorité qui se trouve entre nos sens. La lumière, que nous n'apercevons que par le sens de la vue (sens le plus fautif et le plus incomplet), ne devroit pas nous être aussi bien connue que la chaleur, qui frappe le toucher, et affecte par conséquent le plus sûr de nos sens. Cependant il faut avouer qu'avec cet avantage on a fait beaucoup moins de découvertes sur la nature de la chaleur que sur celle de la lumière, soit que l'homme saisisse mieux ce qu'il voit que ce qu'il sent, soit que la lumière se présentant ordinairement comme

une substance distincte et différente de toutes les autres, elle a paru digne d'une considération particulière; au lieu que la chaleur, dont l'effet est plus obscur, se présentant comme un objet moins isolé, moins simple, n'a pas été regardée comme une substance distincte, mais comme un attribut de la lumière et du feu.

Quand même cette opinion, qui fait de la chaleur un pur attribut, une simple qualité, se trouveroit fondée, il seroit toujours utile de considérer la chaleur en elle-même et par les effets qu'elle produit toute seule, c'est-à-dire, lorsqu'elle nous paroît indépendante de la lumière et du feu. La première chose qui me frappe, et qui me paroît bien digne de remarque, c'est que le siége de la chaleur est tout différent de celui de la lumière: celle-ci occupe et parcourt les espaces vides de l'univers; la chaleur, au contraire, se trouve généralement répandue dans toute la matière solide. Le globe de la terre, et toutes les matières dont il est composé, ont un degré de chaleur bien plus considérable qu'on ne pourroit l'imaginer. L'eau a son degré de chaleur qu'elle ne perd qu'en changeant son

état, c'est-à-dire, en perdant sa fluidité. L'air a aussi sa chaleur, que nous appelons sa température, qui varie beaucoup, mais qu'il ne perd jamais en entier, puisque son ressort subsiste même dans le plus grand froid. Le feu a aussi ses différens degrés de chaleur, qui paroissent moins dépendre de sa nature propre que de celle des alimens qui le nourrissent. Ainsi toute la matière connue est chaude; et dès lors la chaleur est une affection bien plus générale que celle de la lumière.

La chaleur pénètre tous les corps qui lui sont exposés, et cela sans aucune exception, tandis qu'il n'y a que les corps transparens qui laissent passer la lumière, et qu'elle est arrêtée et en partie repoussée par tous les corps opaques. La chaleur semble donc agir d'une manière bien plus générale et plus palpable que n'agit la lumière; et quoique les molécules de la chaleur soient excessivement petites, puisqu'elles pénètrent les corps les plus compactes, il me semble néanmoins que l'on peut démontrer qu'elles sont bien plus grosses que celles de la lumière : car on fait de la chaleur avec la lumière en la réu-

nissant en grande quantité. D'ailleurs la chaleur agissant sur le sens du toucher, il est nécessaire que son action soit proportionnée à la grossièreté de ce sens, comme la délicatesse des organes de la vue paroît l'être à l'extrême finesse des parties de la lumière : celles-ci se meuvent avec la plus grande vîtesse, agissent dans l'instant à des distances immenses, tandis que celles de la chaleur n'ont qu'un mouvement progressif assez lent, qui ne paroît s'étendre qu'à de petits intervalles du corps dont elles émanent.

Le principe de toute chaleur paroît être l'attrition des corps : tout frottement, c'est-à-dire tout mouvement en sens contraire entre des matières solides, produit de la chaleur ; et si ce même effet n'arrive pas dans les fluides, c'est parce que leurs parties ne se touchent pas d'assez près pour pouvoir être frottées les unes contre les autres, et qu'ayant peu d'adhérence entre elles, leur résistance au choc des autres corps est trop foible pour que la chaleur puisse naître ou se manifester à un degré sensible : mais, dans ce cas, on voit souvent de la lumière produite par ce frottement d'un fluide sans

sentir de la chaleur. Tous les corps, soit en petit ou en grand volume, s'échauffent dès qu'ils se rencontrent en sens contraire : la chaleur est donc produite par le mouvement de toute matière palpable et d'un volume quelconque : au lieu que la production de la lumière, qui se fait aussi par le mouvement en sens contraire, suppose de plus la division de la matière en parties très-petites; et comme cette opération de la nature est la même pour la production de la chaleur et celle de la lumière, que c'est le mouvement en sens contraire, la rencontre des corps, qui produisent l'un et l'autre, on doit en conclure que les atomes de la lumière sont solides par eux-mêmes, et qu'ils sont chauds au moment de leur naissance : mais on ne peut pas également assurer qu'ils conservent leur chaleur au même degré que leur lumière, ni qu'ils ne cessent pas d'être chauds avant de cesser d'être lumineux. Des expériences familières paroissent indiquer que la chaleur de la lumière du soleil augmente en passant à travers une glace plane, quoique la quantité de la lumière soit diminuée considérablement par la réflexion qui se fait

à la surface extérieure de la glace, et que la matière même du verre en retienne une certaine quantité. D'autres expériences plus recherchées * semblent prouver que la lumière augmente de chaleur à mesure qu'elle traverse une plus grande épaisseur de notre atmosphère.

* Un habile physicien (M. de Saussure, citoyen de Genève) a bien voulu me communiquer le résultat des expériences qu'il a faites dans les montagnes, sur la différente chaleur des rayons du soleil, et je vais rapporter ici ses propres expressions. « J'ai fait « faire, en mars 1767, cinq caisses rectangulaires de « verre blanc de Bohème, chacune desquelles est la « moitié d'un cube coupé parallélement à sa base: « la première a un pied de largeur en tout sens, sur « six pouces de hauteur; la seconde, dix pouces sur « cinq; et ainsi de suite, jusqu'à la cinquième, qui « a deux pouces sur un. Toutes ces caisses sont ou- « vertes par le bas, et s'emboîtent les unes dans les « autres sur une table fort épaisse, de bois de poi- « rier noirci, à laquelle elles sont fixées. J'emploie « sept thermomètres à cette expérience : l'un suspen- « du en l'air et parfaitement isolé à côté des boîtes, et « à la même distance du sol; un autre posé sur la « caisse extérieure en dehors de cette caisse, et à peu « près au milieu; le suivant posé de même sur la « seconde caisse; et ainsi des autres, jusqu'au der-

On sait de tout temps que la chaleur devient d'autant moindre, ou le froid d'autant plus grand, qu'on s'élève plus haut dans les montagnes. Il est vrai que la chaleur qui provient du globe entier de la terre doit être moins sensible sur ces pointes avancées qu'elle ne l'est dans les plaines ; mais cette cause

« nier, qui est sous la cinquième caisse, et à demi « noyé dans le bois de la table.

« Il faut observer que tous ces thermomètres sont « de mercure, et que tous, excepté le dernier, ont « la boule nue, et ne sont pas engagés, comme les « thermomètres ordinaires, dans une planche ou « dans une boîte, dont le plus ou le moins d'aptitude « à prendre et à conserver la chaleur fait entière- « ment varier le résultat des expériences.

« Tout cet appareil exposé au soleil, dans un lieu « découvert, par exemple, sur le mur de clôture « d'une grande terrasse ; je trouve que le thermo- « mètre suspendu à l'air libre monte le moins haut « de tous ; que celui qui est sur la caisse extérieure, « monte un peu plus haut ; ensuite celui qui est sur « la seconde caisse ; et ainsi des autres, en obser- « vant cependant que le thermomètre qui est posé « sur la cinquième caisse, monte plus haut que celui « qui est sous elle et à demi noyé dans le bois de la « table : j'ai vu celui-là monter à 70 degrés de Réau- « mur (en plaçant le O à la congélation et le 80e

n'est point du tout proportionnelle à l'effet : l'action de la chaleur qui émane du globe terrestre ne pouvant diminuer qu'en raison du quarré de la distance, il ne paroît pas qu'à la hauteur d'une demi-lieue, qui n'est

« degré à l'eau bouillante). Les fruits exposés à cette « chaleur s'y cuisent et y rendent leur jus.

« Quand cet appareil est exposé au soleil dès le « matin, on observe communément la plus grande « chaleur vers les deux heures et demie après midi; « et lorsqu'on le retire des rayons du soleil, il em- « ploie plusieurs heures à son entier refroidisse- « ment.

« J'ai fait porter ce même appareil sur une mon- « tagne élevée d'environ cinq cents toises au-dessus « du lieu où se faisoient ordinairement les expé- « riences, et j'ai trouvé que le refroidissement causé « par l'élévation agissoit beaucoup plus sur les ther- « momètres suspendus à l'air libre que sur ceux qui « étoient enfermés dans les caisses de verre, quoique « j'eusse eu soin de remplir les caisses de l'air même « de la montagne, par égard pour la fausse hypo- « thèse de ceux qui croient que le froid des mon- « tagnes tient de la pureté de l'air qu'on y respire. »

Il seroit à desirer que M. de Saussure, de la sagacité duquel nous devons attendre d'excellentes choses, suivît encore plus loin ces expériences, et voulût bien en publier les résultats.

que la trois-millième partie du demi-diamètre du globe, dont le centre doit être pris pour le foyer de la chaleur; il ne paroît pas, dis-je, que cette différence, qui, dans cette supposition, n'est que d'une unité sur neuf millions, puisse produire une diminution de chaleur aussi considérable, à beaucoup près, que celle qu'on éprouve en s'élevant à cette hauteur: car le thermomètre y baisse dans tous les temps de l'année, jusqu'au point de la congélation de l'eau; la neige ou la glace subsistent aussi sur ces grandes montagnes à peu près à cette hauteur dans toutes les saisons. Il n'est donc pas probable que cette grande différence de chaleur provienne uniquement de la différence de la chaleur de la terre: l'on en sera pleinement convaincu si l'on fait attention qu'au haut des volcans, où la terre est plus chaude qu'en aucun autre endroit de la surface du globe, le froid de l'air est à très-peu près le même que dans les autres montagnes à la même hauteur.

On pourroit donc penser que les atomes de la lumière, quoique très-chauds au moment de leur naissance et au sortir du soleil, se refroidissent beaucoup pendant les sept

minutes et demie de temps que dure leur traversée du soleil à la terre, d'autant que la durée de la chaleur, ou, ce qui revient au même, le temps du refroidissement des corps étant en raison de leur diamètre, il sembleroit qu'il ne faut qu'un très-petit moment pour le refroidissement des atomes presque infiniment petits de la lumière ; et cela seroit en effet s'ils étoient isolés : mais comme ils se succèdent presque immédiatement, et qu'ils se propagent en faisceaux d'autant plus serrés qu'ils sont plus près du lieu de leur origine, la chaleur que chaque atome perd tombe sur les atomes voisins ; et cette communication réciproque de la chaleur qui s'évapore de chaque atome entretient plus longtemps la chaleur générale de la lumière ; et comme sa direction constante est toujours en rayons divergens, que leur éloignement l'un de l'autre augmente comme l'espace qu'ils ont parcouru, et qu'en même temps la chaleur qui part de chaque atome comme centre, diminue aussi dans la même raison, il s'ensuit que l'action de la lumière des rayons solaires décroissant en raison inverse du quarré de la distance, celle de leur cha-

leur décroît en raison inverse du quarré-quarré de cette même distance.

Prenant donc pour unité le demi-diamètre du soleil, et supposant l'action de la lumière comme 1000 à la distance d'un demi-diamètre de la surface de cet astre, elle ne sera plus que comme $\frac{1000}{4}$ à la distance de deux demi-diamètres, que comme $\frac{1000}{9}$ à celle de trois demi-diamètres, comme $\frac{1000}{16}$ à la distance de quatre demi-diamètres; et enfin en arrivant à nous, qui sommes éloignés du soleil de trente-six millions de lieues, c'est-à-dire d'environ deux cent vingt-quatre de ses demi-diamètres, l'action de la lumière ne sera plus que comme $\frac{1000}{50625}$, c'est-à-dire plus de cinquante mille fois plus foible qu'au sortir du soleil; et la chaleur de chaque atome de lumière étant aussi supposée 1000 au sortir du soleil, ne sera plus que comme $\frac{1000}{16}$, $\frac{1000}{81}$, $\frac{1000}{256}$, à la distance successive de 1, 2, 3 demi-diamètres, et en arrivant à nous, comme $\frac{1000}{2562890625}$, c'est-à-dire plus de deux mille cinq cent millions de fois plus foible qu'au sortir du soleil.

Quand même on ne voudroit pas admettre cette diminution de la chaleur de la lumière

en raison du quarré-quarré de la distance au soleil, quoique cette estimation me paroisse fondée sur un raisonnement assez clair, il sera toujours vrai que la chaleur, dans sa propagation, diminue beaucoup plus que la lumière, au moins quant à l'impression qu'elles font l'une et l'autre sur nos sens. Qu'on excite une très-forte chaleur, qu'on allume un grand feu dans un point de l'espace, on ne le sentira qu'à une distance médiocre, au lieu qu'on en voit la lumière à de très-grandes distances. Qu'on approche peu à peu la main d'un corps excessivement chaud, on s'appercevra, par la seule sensation, que la chaleur augmente beaucoup plus que l'espace ne diminue; car on se chauffe souvent avec plaisir à une distance qui ne diffère que de quelques pouces de celle où l'on se brûleroit. Tout paroît donc nous indiquer que la chaleur diminue en plus grande raison que la lumière, à mesure que toutes deux s'éloignent du foyer dont elles partent.

Ainsi l'on peut croire que les atomes de la lumière sont fort refroidis lorsqu'ils arrivent à la surface de notre atmosphère, mais qu'en traversant la grande épaisseur de cette masse

transparente, ils y reprennent par le frottement une nouvelle chaleur. La vîtesse infinie avec laquelle les particules de la lumière frôlent celles de l'air, doit produire une chaleur d'autant plus grande que le frottement est plus multiplié; et c'est probablement par cette raison que la chaleur des rayons solaires se trouve, par l'expérience, beaucoup plus grande dans les couches inférieures de l'atmosphère, et que le froid de l'air paroît augmenter si considérablement à mesure qu'on s'élève. Peut-être aussi que, comme la lumière ne prend de la chaleur qu'en se réunissant, il faut un grand nombre d'atomes de lumière pour constituer un seul atome de chaleur, et que c'est par cette raison que la lumière foible de la lune, quoique frôlée dans l'atmosphère comme celle du soleil, ne prend aucun degré de chaleur sensible. Si, comme le dit M. Bouguer *, l'intensité de la lumière du soleil à la surface de la terre est trois cent mille fois plus grande que celle de la lumière de la lune, celle-ci ne peut qu'être presque absolument insensible,

* Essai d'optique sur la gradation de la lumière.

même en la réunissant au foyer des plus puissans miroirs ardens, qui ne peuvent la condenser qu'environ deux mille fois, dont ôtant la moitié pour la perte par la réflexion ou la réfraction, il ne reste qu'une trois-centième partie d'intensité au foyer du miroir. Or y a-t-il des thermomètres assez sensibles pour indiquer le degré de chaleur contenu dans une lumière trois cents fois plus foible que celle du soleil, et pourra-t-on faire des miroirs assez puissans pour la condenser davantage?

Ainsi l'on ne doit pas inférer de tout ce que j'ai dit que la lumière puisse exister sans aucune chaleur, mais seulement que les degrés de cette chaleur sont très-différens, selon les différentes circonstances, et toujours insensibles lorsque la lumière est très-foible *. La chaleur, au contraire, paroît

* On pourroit même présumer que la lumière en elle-même est composée de parties plus ou moins chaudes : le rayon rouge, dont les atomes sont bien plus massifs et probablement plus gros que ceux du rayon violet, doit en toutes circonstances conserver beaucoup plus de chaleur, et cette présomption me paroît assez fondée pour qu'on doive chercher à la

existier habituellement, et même se faire sentir vivement sans lumière; ce n'est ordinairement que quand elle devient excessive que la lumière l'accompagne. Mais ce qui mettroit encore une différence bien essentielle entre ces deux modifications de la matière, c'est que la chaleur qui pénètre tous les corps

constater par l'expérience; il ne faut pour cela que recevoir au sortir du prisme une égale quantité de rayons rouges et de rayons violets, sur deux petits miroirs concaves ou deux lentilles réfringentes, et voir au thermomètre le résultat de la chaleur des uns et des autres.

Je me rappelle une autre expérience, qui semble démontrer que les atomes bleus de la lumière sont plus petits que ceux des autres couleurs; c'est qu'en recevant sur une feuille très-mince d'or battu la lumière du soleil, elle se réfléchit toute, à l'exception des rayons bleus qui passent à travers la feuille d'or, et peignent d'un beau bleu le papier blanc qu'on met à quelque distance derrière la feuille d'or. Ces atomes bleus sont donc plus petits que les autres, puisqu'ils passent où les autres ne peuvent passer. Mais je n'insiste pas sur les conséquences qu'on doit tirer de cette expérience, parce que cette couleur bleue, produite en apparence par la feuille d'or, peut tenir au phénomène des ombres bleues, dont je parlerai dans un des mémoires suivans.

ne paroît se fixer dans aucun, et ne s'y arrêter que peu de temps, au lieu que la lumière s'incorpore, s'amortit et s'éteint dans tous ceux qui ne la réfléchissent pas, ou qui ne la laissent pas passer librement. Faites chauffer à tous degrés des corps de toute sorte : tous perdront en assez peu de temps la chaleur acquise ; tous reviendront au degré de la température générale, et n'auront par conséquent que la même chaleur qu'ils avoient auparavant. Recevez de même la lumière en plus ou moins grande quantité sur des corps noirs ou blancs, bruts ou polis : vous reconnoîtrez aisément que les uns l'admettent, les autres la repoussent, et qu'au lieu d'être affectés d'une manière uniforme comme ils le sont par la chaleur, ils ne le sont que d'une manière relative à leur nature, à leur couleur, à leur poli ; les noirs absorberont plus la lumière que les blancs, les bruts plus que les polis. Cette lumière une fois absorbée reste fixe et demeure dans les corps qui l'ont admise ; elle ne reparoît plus, elle n'en sort pas comme le fait la chaleur : d'où l'on devroit conclure que les atomes de la lumière peuvent devenir parties constituantes des

corps en s'unissant à la matière qui les compose ; au lieu que la chaleur, ne se fixant pas, semble empêcher au contraire l'union de toutes les parties de la matière, et n'agir que pour les tenir séparées.

Cependant il y a des cas où la chaleur se fixe à demeure dans les corps, et d'autres cas où la lumière qu'ils ont absorbée reparoît et en sort comme la chaleur. Les diamans, les autres pierres transparentes qui s'imbibent de la lumière du soleil ; les pierres opaques, comme celles de Bologne, qui, par la calcination, reçoivent les particules d'un feu brillant ; tous les phosphores naturels rendent la lumière qu'ils ont absorbée, et cette restitution ou déperdition de lumière se fait successivement et avec le temps, à peu près comme se fait celle de la chaleur. Et peut-être la même chose arrive dans les corps opaques, en tout ou en partie. Quoi qu'il en soit, il paroît d'après tout ce qui vient d'être dit, que l'on doit reconnoître deux sortes de chaleur : l'une lumineuse, dont le soleil est le foyer immense ; et l'autre obscure, dont le grand réservoir est le globe terrestre. Notre corps, comme faisant partie du globe, participe à

cette chaleur obscure; et c'est par cette raison qu'étant obscure par elle-même, c'est-à-dire sans lumière, elle est encore obscure pour nous, parce que nous ne nous en appercevons par aucun de nos sens. Il en est de cette chaleur du globe comme de son mouvement: nous y sommes soumis, nous y participons, sans le sentir et sans nous en douter. De là il est arrivé que les physiciens ont porté d'abord toutes leurs vues, toutes leurs recherches, sur la chaleur du soleil, sans soupçonner qu'elle ne faisoit qu'une très-petite partie de celle que nous éprouvons réellement: mais, ayant fait des instrumens pour reconnoître la différence de chaleur immédiate des rayons du soleil en été, à celle de ces mêmes rayons en hiver, ils ont trouvé, avec étonnement, que cette chaleur solaire est en été soixante-six fois plus grande qu'en hiver dans notre climat, et que néanmoins la plus grande chaleur de notre été ne différoit que d'un septième du plus grand froid de notre hiver; d'où ils ont conclu, avec grande raison, qu'indépendamment de la chaleur que nous recevons du soleil, il en émane une autre du globe même de la terre, bien plus considérable, et dont celle du soleil

n'est que le complément ; en sorte qu'il est aujourd'hui démontré que cette chaleur qui s'échappe de l'intérieur de la terre, est dans notre climat au moins vingt-neuf fois en été, et quatre cents fois en hiver, plus grande que la chaleur qui nous vient du soleil : je dis au moins ; car quelque exactitude que les physiciens, et en particulier M. de Mairan, aient apportée dans ces recherches, quelque précision qu'ils aient pu mettre dans leurs observations et dans leur calcul, j'ai vu, en les examinant, que le résultat pouvoit en être porté plus haut*.

* Les physiciens ont pris pour le degré du froid absolu 1000 degrés au-dessous de la congélation : il falloit plutôt le supposer de 10,000 que de 1000 ; car quoique je sois très-persuadé qu'il n'existe rien d'absolu dans la nature, et que peut-être un froid de 10,000 degrés n'existe que dans les espaces les plus éloignés de tout soleil, cependant, comme il s'agit ici de prendre pour unité le plus grand froid possible, je l'aurois au moins supposé plus grand que celui dont nous pouvons produire la moitié ou les trois cinquièmes ; car on a produit artificiellement 592 degrés de froid à Pétersbourg le 6 janvier 1760, le froid naturel étant de 31 degrés au-dessous de la congélation ; et si l'on eût fait la même expérience en Sibérie, où le froid naturel est quelquefois de 70 degrés, on eût produit un froid de plus de 1000

Cette grande chaleur qui réside dans l'intérieur du globe, qui sans cesse en émane à l'extérieur, doit entrer comme élément dans

degrés, car on a observé que le froid artificiel suivoit la même proportion que le froid naturel. Or 31 : 592 :: 70 : 1336 $\frac{24}{31}$. Il seroit donc possible de produire en Sibérie un froid de 1336 degrés au-dessous de la congélation; donc le plus grand degré de froid possible doit être supposé bien au-delà de 1000 ou même de 1336 pour en faire l'unité, à laquelle on rapporte les degrés de la chaleur tant solaire que terrestre, ce qui ne laissera pas d'en rendre la différence encore plus grande. — Une autre remarque que j'ai faite en examinant la construction de la table dans laquelle M. de Mairan donne les rapports de la chaleur des émanations du globe terrestre à ceux de la chaleur solaire pour tous les climats de la terre, c'est qu'il n'a pas pensé ou qu'il a négligé d'y faire entrer la considération de l'épaisseur du globe, plus grande sous l'équateur que sous les poles. Cela néanmoins devroit être mis en compte, et auroit un peu changé les rapports qu'il donne pour chaque latitude. — Enfin une troisième remarque, et qui tient à la première, c'est qu'il dit (page 160) qu'ayant fait construire une machine qui étoit comme un extrait de mes miroirs brulans, et ayant fait tomber la lumière réfléchie du soleil sur des thermomètres, il avoit toujours trouvé que si un miroir plan avoit fait monter la liqueur, par

la combinaison de tous les autres élémens. Si le soleil est le père de la nature, cette chaleur de la terre en est la mère, et toutes deux se

exemple, de 3 degrés, deux miroirs dont on réunissoit la lumière, la faisoient monter de 6 degrés, et trois miroirs de 9 degrés. Or il est aisé de sentir que ceci ne peut pas être généralement vrai; car la grandeur des degrés du thermomètre n'est fondée que sur la division en mille parties, et sur la supposition que 1000 degrés au-dessous de la congélation font le froid absolu: et comme il s'en faut bien que ce terme soit celui du plus grand froid possible, il est nécessaire qu'une augmentation de chaleur double ou triple par la réunion de deux ou trois miroirs, élève la liqueur à des hauteurs différentes de celle des degrés du thermomètre, selon que l'expérience sera faite dans un temps plus ou moins chaud; que celui où ces hauteurs s'accorderont le mieux ou différeront le moins, sera celui des jours chauds de l'été, et que les expériences ayant été faites sur la fin de mai, ce n'est que par hasard qu'elles ont donné le résultat des augmentations de chaleur par les miroirs, proportionnelles aux degrés de l'échelle du thermomètre. Mais j'abrége cette critique en renvoyant à ce que j'ai dit près de vingt ans avant ce mémoire de M. de Mairan, sur la construction d'un thermomètre réel, et sa graduation par le moyen de mes miroirs brûlans. Voyez les *Mémoires de l'académie des sciences*, année 1747.

réunissent pour produire, entretenir, animer les êtres organisés, et pour travailler, assimiler, composer les substances inanimées. Cette chaleur intérieure du globe, qui tend toujours du centre à la circonférence, et qui s'éloigne perpendiculairement de la surface de la terre, est, à mon avis, un grand agent dans la nature; l'on ne peut guère douter qu'elle n'ait la principale influence sur la perpendicularité de la tige des plantes, sur les phénomènes de l'électricité, dont la principale cause est le frottement ou mouvement en sens contraire, sur les effets du magnétisme, etc. Mais, comme je ne prétends pas faire ici un traité de physique, je me bornerai aux effets de cette chaleur sur les autres élémens. Elle suffit seule, elle est même bien plus grande qu'il ne faut pour maintenir la raréfaction de l'air au degré que nous respirons: elle est plus que suffisante pour entretenir l'eau dans son état de liquidité; car on a descendu des thermomètres jusqu'à cent vingt brasses de profondeur, et, les retirant promptement, on a vu que la température de l'eau y étoit à très-peu près la même que dans l'intérieur de la terre à pareille profon-

deur, c'est-à-dire de dix degrés deux tiers; et comme l'eau la plus chaude monte toujours à la surface, et que le sel l'empêche de geler, on ne doit pas être surpris de ce qu'en général la mer ne gèle pas, et que les eaux douces ne gèlent que d'une certaine épaisseur, l'eau du fond restant toujours liquide, lors même qu'il fait le plus grand froid, et que les couches supérieures sont en glace de dix pieds d'épaisseur.

Mais la terre est celui de tous les élémens sur lequel cette chaleur intérieure a dû produire et produit encore les plus grands effets. On ne peut pas douter, après les preuves que j'en ai données *, que cette chaleur n'ait été originairement bien plus grande qu'elle ne l'est aujourd'hui : ainsi on doit lui rapporter, comme à la cause première, toutes les sublimations, précipitations, agrégations, séparations, en un mot tous les mouvemens qui se sont faits et se font chaque jour dans l'intérieur du globe, et sur-tout dans la couche extérieure où nous avons pénétré, et dont la

* Voyez, dans cet ouvrage, l'article de la formation des planètes, et les articles des *Époques de la nature*.

matière a été remuée par les agens de la nature, ou par les mains de l'homme; car, à une ou peut-être deux lieues de profondeur, on ne peut guère présumer qu'il y ait eu des conversions de matière, ni qu'il s'y fasse encore des changemens réels : toute la masse du globe ayant été fondue, liquéfiée par le feu, l'intérieur n'est qu'un verre ou concret ou discret, dont la substance simple ne peut recevoir aucune altération par la chaleur seule; il n'y a donc que la couche supérieure et superficielle qui, étant exposée à l'action des causes extérieures, aura subi toutes les modifications que ces causes réunies à celle de la chaleur intérieure auront pu produire par leur action combinée, c'est-à-dire, toutes les modifications, toutes les différences, toutes les formes, en un mot, des substances minérales.

Le feu, qui ne paroît être, à la première vue, qu'un composé de chaleur et de lumière, ne seroit-il pas encore une modification de la matière qu'on doive considérer à part, quoiqu'elle ne diffère pas essentiellement de l'une ou de l'autre, et encore moins des deux prises ensemble? le feu n'existe jamais sans cha-

leur, mais il peut exister sans lumière. On verra, par mes expériences, que la chaleur seule et dénuée de toute apparence de lumière peut produire les mêmes effets que le feu le plus violent. On voit aussi que la lumière seule, lorsqu'elle est réunie, produit les mêmes effets ; elle semble porter en elle-même une substance qui n'a pas besoin d'aliment : le feu ne peut subsister au contraire qu'en absorbant de l'air, et il devient d'autant plus violent qu'il en absorbe davantage, tandis que la lumière concentrée et reçue dans un vase purgé d'air agit comme le feu dans l'air, et que la chaleur resserrée, retenue dans un espace clos, subsiste et même augmente avec une très-petite quantité d'alimens. La différence la plus générale entre le feu, la chaleur et la lumière, me paroît donc consister dans la quantité, et peut-être dans la qualité de leurs alimens.

L'air est le premier aliment du feu, les matières combustibles ne sont que le second : j'entends par premier aliment celui qui est toujours nécessaire et sans lequel le feu ne pourroit faire aucun usage des autres. Des expériences connues de tous les physiciens

nous démontrent qu'un petit point de feu, tel que celui d'une bougie placée dans un vase bien fermé, absorbe en peu de temps une grande quantité d'air, et qu'elle s'éteint aussitôt que la quantité ou la qualité de cet aliment lui manque. D'autres expériences bien connues des chimistes prouvent que les matières les plus combustibles, telles que les charbons, ne se consument pas dans des vaisseaux bien clos, quoiqu'exposés à l'action du plus grand feu. L'air est donc le premier, le véritable aliment du feu, et les matières combustibles ne peuvent lui en fournir que par le secours et la médiation de cet élément, dont il est nécessaire, avant d'aller plus loin, que nous considérions ici quelques propriétés.

Nous avons dit que toute fluidité avoit la chaleur pour cause; et en comparant quelques fluides ensemble, nous voyons qu'il faut beaucoup plus de chaleur pour tenir le fer en fusion que l'or, beaucoup plus pour y tenir l'or que l'étain, beaucoup moins pour y tenir la cire, beaucoup moins pour y tenir l'eau, encore beaucoup moins pour y tenir l'esprit-de-vin, et enfin excessivement moins pour

y tenir le mercure, puisqu'il ne perd sa fluidité qu'au cent quatre-vingt-septième degré au-dessous de celui où l'eau perd la sienne. Cette matière, le mercure, seroit donc le plus fluide des corps, si l'air ne l'étoit encore plus. Or, que nous indique cette fluidité plus grande dans l'air que dans aucune matière? Il me semble qu'elle suppose le moindre degré possible d'adhérence entre ses parties constituantes; ce qu'on peut concevoir en les supposant de figure à ne pouvoir se toucher qu'en un point. On pourroit croire aussi qu'étant douées de si peu d'énergie apparente, et de si peu d'attraction mutuelle des unes vers les autres, elles sont, par cette raison, moins massives et plus légères que celles de tous les autres corps : mais cela me paroît démenti par la comparaison du mercure, le plus fluide des corps après l'air, et dont néanmoins les parties constituantes paroissent être plus massives et plus pesantes que celles de toutes les autres matières, à l'exception de l'or. La plus ou moins grande fluidité n'indique donc pas que les parties du fluide soient plus ou moins pesantes, mais seulement que leur adhérence est d'autant

moindre, leur union d'autant moins intime, et leur séparation d'autant plus aisée. S'il faut mille degrés de chaleur pour entretenir la fluidité de l'eau, il n'en faudra peut-être qu'un pour maintenir celle de l'air.

L'air est donc de toutes les matières connues celle que la chaleur divise le plus facilement, celle dont les parties lui obéissent avec le moins de résistance, celle qu'elle met le plus aisément en mouvement expansif et contraire à celui de la force attractive. Ainsi l'air est tout près de la nature du feu, dont la principale propriété consiste dans ce mouvement expansif; et quoique l'air ne l'ait pas par lui-même, la plus petite particule de chaleur ou de feu suffisant pour le lui communiquer, on doit cesser d'être étonné de ce que l'air augmente si fort l'activité du feu, et de ce qu'il est si nécessaire à sa subsistance : car étant de toutes les substances celle qui prend le plus aisément le mouvement expansif, ce sera celle aussi que le feu entraînera, enlevera de préférence à toute autre; ce sera celle qu'il s'appropriera le plus intimement, comme étant de la nature la plus voisine de la sienne; et par conséquent

l'air doit être du feu l'adminicule le plus puissant, l'aliment le plus convenable, l'*ami* le plus intime et le plus nécessaire.

Les matières combustibles, que l'on regarde vulgairement comme les vrais alimens du feu, ne lui servent néanmoins, ne lui profitent en rien, dès qu'elles sont privées du secours de l'air : le feu le plus violent ne les consume pas, et même ne leur cause aucune altération sensible, au lieu qu'avec de l'air une seule étincelle de feu les embrase, et qu'à mesure qu'on fournit de l'air en plus ou moins grande quantité, le feu devient dans la même proportion plus vif, plus étendu, plus dévorant ; de sorte qu'on peut mesurer la célérité ou la lenteur avec laquelle le feu consume les matières combustibles, par la quantité plus ou moins grande de l'air qu'on lui fournit. Ces matières ne sont donc pour le feu que des alimens secondaires, qu'il ne peut s'approprier par lui-même, et dont il ne peut faire usage qu'autant que l'air s'y mêlant, les rapproche de la nature du feu en les modifiant, et leur sert d'intermède pour les y réunir.

On pourra (ce me semble) concevoir clai-

rement cette opération de la nature, en considérant que le feu ne réside pas dans les corps d'une manière fixe, qu'il n'y fait ordinairement qu'un séjour instantané; qu'étant toujours en mouvement expansif, il ne peut subsister dans cet état qu'avec les matières susceptibles de ce même mouvement; que l'air s'y prêtant avec toute facilité, la somme de ce mouvement devient plus grande, l'action du feu plus vive, et que dès lors les parties les plus volatiles des matières combustibles, telles que les molécules aériennes, huileuses, etc. obéissant sans effort à ce mouvement expansif qui leur est communiqué, elles s'élèvent en vapeurs; que ces vapeurs se convertissent en flamme par le même secours de l'air extérieur; et qu'enfin, tant qu'il subsiste dans les corps combustibles quelques parties capables de recevoir, par le secours de l'air, ce mouvement d'expansion, elles ne cessent de s'en séparer pour suivre l'air et le feu dans leur route, et par conséquent se consumer en s'évaporant avec eux.

Il y a de certaines matières, telles que le phosphore artificiel, le pyrophore, la poudre à canon, qui paroissent à la première vue faire

une exception à ce que je viens de dire; car elles n'ont pas besoin, pour s'enflammer et se consumer en entier, du secours d'un air renouvelé : leur combustion peut s'opérer dans les vaisseaux les mieux fermés ; mais c'est par la raison que ces matières, qu'on doit regarder comme les plus combustibles de toutes, contiennent dans leur substance tout l'air nécessaire à leur combustion. Leur feu produit d'abord cet air et le consume à l'instant ; et comme il est en très-grande quantité dans ces matières , il suffit à leur pleine combustion, qui dès lors n'a pas besoin, comme toutes les autres, du secours d'un air étranger.

Cela semble nous indiquer que la différence la plus essentielle qu'il y ait entre les matières combustibles et celles qui ne le sont pas, c'est que celles-ci ne contiennent que peu ou point de ces matières légères, aériennes, huileuses, susceptibles du mouvement expansif, ou que si elles en contiennent, elles s'y trouvent fixées et retenues , en sorte que , quoique volatiles en elles-mêmes, elles ne peuvent exercer leur volatilité toutes les fois que la force du feu n'est pas assez grande pour surmonter la force d'adhésion qui les retient

unies aux parties fixes de la matière. On peut même dire que cette induction, qui se tire immédiatement de mes principes, se trouve confirmée par un grand nombre d'observations bien connues des chimistes et des physiciens : mais ce qui paroît l'être moins, et qui cependant en est une conséquence nécessaire, c'est que toute matière pourra devenir volatile dès que l'homme pourra augmenter assez la force expansive du feu pour la rendre supérieure à la force attractive qui tient unies les parties de la matière que nous appelons fixes ; car, d'une part, il s'en faut bien que nous ayons un feu aussi fort que nous pourrions l'avoir par des miroirs mieux conçus que ceux dont on s'est servi jusqu'à ce jour, et, d'autre côté, nous sommes assurés que la fixité n'est qu'une qualité relative, et qu'aucune matière n'est d'une fixité absolue ou invincible, puisque la chaleur dilate les corps les plus fixes. Or cette dilatation n'est-elle pas l'indice d'un commencement de séparation qu'on augmente avec le degré de chaleur jusqu'à la fusion, et qu'avec une chaleur encore plus grande on augmenteroit jusqu'à la volatilisation ?

La combustion suppose quelque chose de plus que la volatilisation : il suffit pour celle-ci que les parties de la matière soient assez divisées, assez séparées les unes des autres, pour pouvoir être enlevées par celles de la chaleur ; au lieu que, pour la combustion, il faut encore qu'elles soient d'une nature analogue à celle du feu ; sans cela le mercure, qui est le plus fluide après l'air, seroit aussi le plus combustible, tandis que l'expérience nous démontre que, quoique très-volatil, il est incombustible. Or, quelle est donc l'analogie ou plutôt le rapport de nature que peuvent avoir les matières combustibles avec le feu ? La matière, en général, est composée de quatre substances principales, qu'on appelle *élémens* : la terre, l'eau, l'air et le feu, entrent tous quatre en plus ou moins grande quantité dans la composition de toutes les matières particulières ; celles où la terre et l'eau dominent seront fixes, et ne pourront devenir que volatiles par l'action de la chaleur ; celles au contraire qui contiennent beaucoup d'air et de feu, seront les seules vraiment combustibles. La grande difficulté qu'il y ait ici, c'est de concevoir nettement

comment l'air et le feu, tous deux si volatils, peuvent se fixer et devenir parties constituantes de tous les corps : je dis de tous les corps ; car nous prouverons que quoiqu'il y ait une plus grande quantité d'air et de feu fixes dans les matières combustibles, et qu'ils y soient combinés d'une manière différente que dans les autres matières, toutes néanmoins contiennent une quantité considérable de ces deux élémens, et que les matières les plus fixes et les moins combustibles sont celles qui retiennent ces élémens fugitifs avec le plus de force. Le fameux phlogistique des chimistes (être de leur méthode plutôt que de la nature) n'est pas un principe simple et identique, comme ils nous le présentent ; c'est un composé, un produit de l'alliage, un résultat de la combinaison des deux élémens, de l'air et du feu fixés dans les corps. Sans nous arrêter donc sur les idées obscures et incomplètes que pourroit nous fournir la considération de cet être précaire, tenons-nous en à celle de nos quatre élémens réels, auxquels les chimistes, avec tous leurs nouveaux principes, seront toujours forcés de revenir ultérieurement.

Nous voyons clairement que le feu en absorbant de l'air en détruit le ressort. Or il n'y a que deux manières de détruire un ressort : la première, en le comprimant assez pour le rompre ; la seconde, en l'étendant assez pour qu'il soit sans effet. Ce n'est pas de la première manière que le feu peut détruire le ressort de l'air, puisque le moindre degré de chaleur le raréfie, que cette raréfaction augmente avec elle, et que l'expérience nous apprend qu'à une très-forte chaleur la raréfaction de l'air est si grande, qu'il occupe alors un espace treize fois plus étendu que celui de son volume ordinaire : le ressort dès lors en est d'autant plus foible; et c'est dans cet état qu'il peut devenir fixe et s'unir sans résistance sous cette nouvelle forme avec les autres corps. On entend bien que cet air transformé et fixé n'est point du tout le même que celui qui se trouve dispersé, disséminé dans la plupart des matières, et qui conserve dans leurs pores sa nature entière : celui-ci ne leur est que mélangé, et non pas uni ; il ne leur tient que par une très-foible adhérence, au lieu que l'autre leur est si étroitement attaché, si intimement

incorporé, que souvent on ne peut l'en séparer.

Nous voyons de même que la lumière, en tombant sur les corps, n'est pas, à beaucoup près, entièrement réfléchie, qu'il en reste en grande quantité dans la petite épaisseur de la surface qu'elle frappe ; que par conséquent elle y perd son mouvement, s'y éteint, s'y fixe, et devient dès lors partie constituante de tout ce qu'elle pénètre. Ajoutez à cet air, à cette lumière, transformés et fixés dans les corps, et qui peuvent être en quantité variable ; ajoutez-y, dis-je, la quantité constante du feu que toutes les matières, de quelque espèce que ce soit, possèdent également : cette quantité constante de feu ou de chaleur actuelle du globe de la terre, dont la somme est bien plus grande que celle de la chaleur qui nous vient du soleil, me paroît être non seulement un des grands ressorts du mécanisme de la nature, mais en même temps un élément dont toute la matière du globe est pénétrée ; c'est le feu élémentaire, qui, quoique toujours en mouvement expansif, doit, par sa longue résidence dans la matière, et par son choc contre ses

parties fixes, s'unir, s'incorporer avec elles, et s'éteindre par parties comme le fait la lumière *.

Si nous considérons plus particulièrement la nature des matières combustibles, nous verrons que toutes proviennent originairement des végétaux, des animaux, des êtres en un mot qui sont placés à la surface du globe que le soleil éclaire, échauffe et vivifie : les bois, les charbons, les tourbes, les bitumes, les résines, les huiles, les graisses, les suifs, qui sont les vraies matières combustibles, puisque toutes les autres ne le sont qu'autant qu'elles en contiennent, ne proviennent-ils pas tous des corps organisés ou de leurs détrimens ? Le bois, et même le

* Ceci même pourroit se prouver par une expérience, qui mériteroit d'être poussée plus loin. J'ai recueilli sur un miroir ardent par réflexion une assez forte chaleur sans aucune lumière, au moyen d'une plaque de tôle mise entre le brasier et le miroir; une partie de la chaleur s'est réfléchie au foyer du miroir, tandis que tout le reste de la chaleur l'a pénétré : mais je n'ai pu m'assurer si l'augmentation de chaleur dans la matière du miroir n'étoit pas aussi grande que s'il n'en eût pas réfléchi.

charbon ordinaire, les graisses, les huiles par expression, la cire et le suif, ne sont que des substances extraites immédiatement des végétaux et des animaux; les tourbes, les charbons fossiles, les succins, les bitumes liquides ou concrets, sont des produits de leur mélange et de leur décomposition, dont les détrimens ultérieurs forment les soufres et les parties combustibles du fer, du zinc, des pyrites, et de tous les minéraux que l'on peut enflammer. Je sens que cette dernière assertion ne sera pas admise, et pourra même être rejetée, sur-tout par ceux qui n'ont étudié la nature que par la voie de la chimie : mais je les prie de considérer que leur méthode n'est pas celle de la nature; qu'elle ne pourra le devenir ou même s'en approcher qu'autant qu'elle s'accordera avec la saine physique, autant qu'on en bannira non seulement les expressions obscures et techniques, mais sur-tout les principes précaires, les êtres fictifs auxquels on fait jouer le plus grand rôle, sans néanmoins les connoître. Le soufre, *en chimie*, n'est que le composé de l'acide vitriolique et du phlogistique : quelle apparence y a-t-il donc qu'il puisse,

comme les autres matières combustibles, tirer son origine du détriment des végétaux ou des animaux ? A cela je réponds, même en admettant cette définition chimique, que l'acide vitriolique, et en général tous les acides, tous les alcalis, sont moins des substances de la nature que des produits de l'art. La nature forme des sels et du soufre ; elle emploie à leur composition, comme à celle de toutes les autres substances, les quatre élémens : beaucoup de terre et d'eau, un peu d'air et de feu, entrent en quantité variable dans chaque différente substance saline ; moins de terre et d'eau, et beaucoup plus d'air et de feu, semblent entrer dans la composition du soufre. Les sels et les soufres doivent donc être regardés comme des êtres de la nature dont on extrait, par le secours de l'art de la chimie, et par le moyen du feu, les différens acides qu'ils contiennent ; et puisque nous avons employé le feu, et par conséquent de l'air et des matières combustibles, pour extraire ces acides, pouvons-nous douter qu'ils n'aient retenu et qu'ils ne contiennent réellement des parties de matière combustible qui y seront entrées pendant l'extraction ?

Le phlogistique est encore bien moins que l'acide un être naturel ; ce ne seroit même qu'un être de raison, si on ne le regardoit pas comme un composé d'air et de feu devenu fixe et inhérent aux autres corps. Le soufre peut en effet contenir beaucoup de ce phlogistique, beaucoup aussi d'acide vitriolique; mais il a, comme toute autre matière, et sa terre et son eau : d'ailleurs son origine indique qu'il faut une grande consommation de matières combustibles pour sa production; il se trouve dans les volcans, et il semble que la nature ne le produise que par effort et par le moyen du plus grand feu. Tout concourt donc à nous prouver qu'il est de la même nature que les autres matières combustibles, et que par conséquent il tire, comme elles, sa première origine du détriment des êtres organisés.

Mais je vais plus loin : les acides eux-mêmes viennent en grande partie de la décomposition des substances animales ou végétales, et contiennent en conséquence des principes de la combustion. Prenons pour exemple le salpêtre : ne doit-il pas son origine à ces matières? n'est-il pas formé par la putréfaction des

végétaux, ainsi que des urines et des excrémens des animaux ? Il me semble que l'expérience le démontre, puisqu'on ne cherche, on ne trouve le salpêtre que dans les habitations où l'homme et les animaux ont longtemps résidé ; et puisqu'il est immédiatement formé du détriment des substances animales et végétales, ne doit-il pas contenir une prodigieuse quantité d'air et de feu fixes? Aussi en contient-il beaucoup, et même beaucoup plus que le soufre, le charbon, l'huile, etc. Toutes ces matières combustibles ont besoin, comme nous l'avons dit, du secours de l'air pour brûler, et se consument d'autant plus vîte, qu'elles en reçoivent en plus grande quantité. Le salpêtre n'en a pas besoin dès qu'il est mêlé avec quelques unes de ces matières combustibles ; il semble porter en lui-même le réservoir de tout l'air nécessaire à sa combustion : en le faisant détonner lentement, on le voit souffler son propre feu comme le feroit un soufflet étranger; en le renfermant le plus étroitement, son feu, loin de s'éteindre, n'en prend que plus de force, et produit les explosions terribles sur lesquelles sont fondés

nos arts meurtriers. Cette combustion si prompte est en même temps si complète, qu'il ne reste presque rien après l'inflammation, tandis que toutes les autres matières enflammées laissent des cendres ou d'autres résidus qui démontrent que leur combustion n'est pas entière, ou, ce qui revient au même, qu'elles contiennent un assez grand nombre de parties fixes, qui ne peuvent ni se brûler, ni même se volatiliser. On peut de même démontrer que l'acide vitriolique contient aussi beaucoup d'air et de feu fixes, quoiqu'en moindre quantité que l'acide nitreux; et dès lors il tire, comme celui-ci, son origine de la même source, et le soufre, dans la composition duquel cet acide entre si abondamment, tire des animaux et des végétaux tous les principes de sa combustibilité.

Le phosphore artificiel, qui est le premier dans l'ordre des matières combustibles, et dont l'acide est différent de l'acide nitreux et de l'acide vitriolique, ne se tire aussi que du règne animal, ou, si l'on veut, en partie du règne végétal élaboré dans les animaux, c'est-à-dire des deux sources de toute matière combustible. Le phosphore s'enflamme de

lui-même, c'est-à-dire, sans communication de matière ignée, sans frottement, sans autre addition que celle du contact de l'air : autre preuve de la nécessité de cet élément pour la combustion même d'une matière qui ne paroît être composée que du feu. Nous démontrerons dans la suite que l'air est contenu dans l'eau sous une forme moyenne, entre l'état d'élasticité et celui de fixité. Le feu paroît être dans le phosphore à peu près dans ce même état moyen ; car de même que l'air se dégage de l'eau dès que l'on diminue la pression de l'atmosphère, le feu se dégage du phosphore lorsqu'on fait cesser la pression de l'eau, où l'on est obligé de le tenir submergé pour pouvoir le garder et empêcher son feu de s'exalter. Le phosphore semble contenir cet élément sous une forme obscure et condensée, et il paroît être pour le feu obscur ce qu'est le miroir ardent pour le feu lumineux, c'est-à-dire un moyen de condensation.

Mais sans nous soutenir plus long-temps à la hauteur de ces considérations générales, auxquelles je pourrai revenir lorsqu'il sera nécessaire, suivons d'une manière plus di-

recte et plus particulière l'examen du feu ; tâchons de saisir ses effets, et de les présenter sous un point de vue plus fixe qu'on ne l'a fait jusqu'ici.

L'action du feu sur les différentes substances dépend beaucoup de la manière dont on l'applique ; et le produit de son action sur une même substance paroîtra différent selon la façon dont il est administré. J'ai pensé qu'on devoit considérer le feu dans trois états différens : le premier, relatif à sa vîtesse ; le second, à son volume ; et le troisième, à sa masse. Sous chacun de ces points de vue, cet élément si simple, si uniforme en apparence, paroîtra, pour ainsi dire, un élément différent. On augmente la vîtesse du feu sans en augmenter le volume apparent, toutes les fois que, dans un espace donné et rempli de matières combustibles, on presse l'action et le développement du feu en augmentant la vîtesse de l'air par des soufflets, des trompes, des ventilateurs, des tuyaux d'aspiration, etc. qui tous accélèrent plus ou moins la rapidité de l'air dirigé sur le feu ; ce qui comprend, comme l'on voit, tous les instrumens, tous les fourneaux à vent, depuis les grands four-

neaux de forges jusqu'à la lampe des émailleurs.

On augmente l'action du feu par son volume toutes les fois qu'on accumule une grande quantité de matières combustibles, et qu'on en fait rouler la chaleur et la flamme dans des fourneaux de réverbère; ce qui comprend, comme l'on sait, les fourneaux de nos manufactures de glaces, de crystal, de verre, de porcelaine, de poterie, et aussi ceux où l'on fond tous les métaux et les minéraux, à l'exception du fer. Le feu agit ici par son volume, et n'a que sa propre vîtesse, puisqu'on n'en augmente pas la rapidité par des soufflets ou d'autres instrumens qui portent l'air sur le feu. Il est vrai que la forme des *tisards*, c'est-à-dire, des ouvertures principales par où ces fourneaux tirent l'air, contribue à l'attirer plus puissamment qu'il ne le seroit en espace libre; mais cette augmentation de vîtesse est très-peu considérable en comparaison de la grande rapidité que lui donnent les soufflets. Par ce dernier procédé on accélère l'action du feu, qu'on aiguise par l'air autant qu'il est possible; par l'autre procédé, on l'augmente en concentrant sa flamme en grand volume.

Il y a, comme l'on voit, plusieurs moyens d'augmenter l'action du feu, soit qu'on veuille le faire agir par sa vîtesse ou par son volume; mais il n'y en a qu'un seul par lequel on puisse augmenter sa masse, c'est de le réunir au foyer d'un miroir ardent. Lorsqu'on reçoit sur un miroir réfringent ou réflexif les rayons du soleil, ou même ceux d'un feu bien allumé, on les réunit dans un espace d'autant moindre, que le miroir est plus grand et le foyer plus court. Par exemple, avec un miroir de quatre pieds de diamètre et d'un pouce de foyer, il est clair que la quantité de lumière ou de feu qui tombe sur le miroir de quatre pieds se trouvant réunie dans l'espace d'un pouce, seroit deux mille trois cent quatre fois plus dense qu'elle ne l'étoit, si toute la matière incidente arrivoit sans perte à ce foyer Nous verrons ailleurs ce qui s'en perd effectivement; mais il nous suffit ici de faire sentir que quand même cette perte seroit des deux tiers ou des trois quarts, la masse du feu concentré au foyer de ce miroir sera toujours six ou sept cents fois plus dense qu'elle ne l'étoit à la surface du miroir. Ici, comme

dans tous les autres cas, la masse accroît par la contraction du volume, et le feu dont on augmente ainsi la densité a toutes les propriétés d'une masse de matière; car, indépendamment de l'action de la chaleur par laquelle il pénètre les corps, il les pousse et les déplace comme le feroit un corps solide en mouvement qui en choqueroit un autre. On pourra donc augmenter par ce moyen la densité ou la masse du feu d'autant plus qu'on perfectionnera davantage la construction des miroirs ardens.

Or chacune de ces trois manières d'administrer le feu et d'en augmenter ou la vîtesse, ou le volume, ou la masse, produit sur les mêmes substances des effets souvent très-différens : on calcine par l'un de ces moyens ce que l'on fond par l'autre ; on volatilise par le dernier ce qui paroît réfractaire au premier : en sorte que la même matière donne des résultats si peu semblables, qu'on ne peut compter sur rien, à moins qu'on ne la travaille en même temps ou successivement par ces trois moyens ou procédés que nous venons d'indiquer; ce qui est une route plus longue, mais la seule qui puisse nous con-

duire à la connoissance exacte de tous les rapports que les diverses substances peuvent avoir avec l'élément du feu. Et de la même manière que je divise en trois procédés généraux l'administration de cet élément, je divise de même en trois classes toutes les matières que l'on peut soumettre à son action. Je mets à part, pour un moment, celles qui sont purement combustibles, et qui proviennent immédiatement des animaux et des végétaux, et je divise toutes les matières minérales en trois classes relativement à l'action du feu : la première est celle des matières que cette action long-temps continuée rend plus légères, comme le fer; la seconde, celle des matières que cette même action du feu rend plus pesantes, comme le plomb; et la troisième classe est celle des matières sur lesquelles, comme sur l'or, cette action du feu ne paroît produire aucun effet sensible, puisqu'elle n'altère point leur pesanteur. Toutes les matières existantes et possibles, c'est-à-dire, toutes les substances simples et composées, seront nécessairement comprises dans l'une de ces trois classes. Ces expériences, par les trois procédés, qui ne sont pas diffi-

ciles à faire, et qui ne demandent que de l'exactitude et du temps, pourroient nous découvrir plusieurs choses utiles, et seroient très-nécessaires pour fonder sur des principes réels la théorie de la chimie : cette belle science, jusqu'à nos jours, n'a porté que sur une nomenclature précaire, et sur des mots d'autant plus vagues qu'ils sont plus généraux. Le feu étant, pour ainsi dire, le seul instrument de cet art, et sa nature n'étant point connue, non plus que ses rapports avec les autres corps, on ne sait ni ce qu'il y met ni ce qu'il en ôte; on travaille donc à l'aveugle, et l'on ne peut arriver qu'à des résultats obscurs, que l'on rend encore plus obscurs en les érigeant en principes. Le phlogistique, le minéralisateur, l'acide, l'alcali, etc. ne sont que des termes créés par la méthode, dont les définitions sont adoptées par convention, et ne répondent à aucune idée claire et précise, ni même à aucun être réel. Tant que nous ne connoîtrons pas mieux la nature du feu, tant que nous ignorerons ce qu'il ôte ou donne aux matières qu'on soumet à son action, il ne sera pas possible de prononcer sur la nature de ces mêmes ma-

tières d'après les opérations de la chimie, puisque chaque matière à laquelle le feu ôte ou donne quelque chose n'est plus la substance simple que l'on voudroit connoître, mais une matière composée et mélangée, ou dénaturée et changée par l'addition ou la soustraction d'autres matières que le feu en enlève ou y fait entrer.

Prenons pour exemple de cette addition et de cette soustraction le plomb et le marbre. Par la simple calcination l'on augmente le poids du plomb de près d'un quart, et l'on diminue celui du marbre de près de moitié : il y a donc un quart de matière inconnue que le feu donne au premier, et une moitié d'autre matière également inconnue qu'il enlève au second. Tous les raisonnemens de la chimie ne nous ont pas démontré jusqu'ici ce que c'est que cette matière donnée ou enlevée par le feu, et il est évident que lorsqu'on travaille sur le plomb et sur le marbre après leur calcination, ce ne sont plus ces matières simples que l'on traite, mais d'autres matières dénaturées et composées par l'action du feu. Ne seroit-il donc pas nécessaire, avant tout, de procéder d'après les vues que je viens

d'indiquer, de voir d'abord sous un même coup d'œil toutes les matières que le feu ne change ni n'altère, ensuite celles que le feu détruit ou diminue, et enfin celles qu'il augmente et compose en s'incorporant avec elles?

Mais examinons de plus près la nature du feu considéré en lui-même. Puisque c'est une substance matérielle, il doit être sujet à la loi générale, à laquelle toute matière est soumise. Il est le moins pesant de tous les corps, mais cependant il pèse; et quoique ce que nous avons dit précédemment suffise pour le prouver évidemment, nous le démontrerons encore par des expériences palpables, et que tout le monde sera en état de répéter aisément. On pourroit d'abord soupçonner, par la pesanteur réciproque des astres, que le feu en grande masse est pesant, ainsi que toute matière; car les astres qui sont lumineux comme le soleil, dont toute la substance paroît être de feu, n'en exercent pas moins leur force d'attraction à l'égard des astres qui ne le sont pas : mais nous démontrerons que le feu même en très-petit volume est réellement pesant; qu'il obéit, comme toute autre matière, à la loi géné-

rale de la pesanteur, et que par conséquent il doit avoir de même des rapports d'affinité avec les autres corps, en avoir plus ou moins avec telle ou telle substance, et n'en avoir que peu ou point du tout avec beaucoup d'autres. Toutes celles qu'il rendra plus pesantes, comme le plomb, seront celles avec lesquelles il aura le plus d'affinité; et en le supposant appliqué au même degré et pendant un temps égal, celles de ces matières qui gagneront le plus en pesanteur seront aussi celles avec lesquelles cette affinité sera la plus grande. Un des effets de cette affinité dans chaque matière est de retenir la substance même du feu et de se l'incorporer; et cette incorporation suppose que non seulement le feu perd sa chaleur et son élasticité, mais même tout son mouvement, puisqu'il se fixe dans ces corps et en devient partie constituante. Il y a donc lieu de croire qu'il en est du feu comme de l'air, qui se trouve sous une forme fixe et concrète dans presque tous les corps; et l'on peut espérer qu'à l'exemple du docteur Hales *, qui a su

* Le phosphore, qui n'est, pour ainsi dire, qu'une

dégager cet air fixé dans tous les corps et en évaluer la quantité, il viendra quelque jour un physicien habile qui trouvera les moyens de distraire le feu de toutes les matières où il se trouve sous une forme fixe : mais il faut auparavant faire la table de ces matières, en établissant par l'expérience les différens rapports dans lesquels le feu se combine avec toutes les substances qui lui sont analogues, et se fixe en plus ou moins grande quantité, selon que ces substances ont plus ou moins de force pour le retenir.

Car il est évident que toutes les matières dont la pesanteur augmente par l'action du feu, sont douées d'une force attractive, telle que son effet est supérieur à celui de la force expansive dont les particules du feu sont animées, puisque celle-ci s'amortit et s'éteint, que son mouvement cesse, et que d'élastiques et fugitives qu'étoient ces parti-

matière ignée, une substance qui conserve et condense le feu, seroit le premier objet des expériences qu'il faudroit faire pour traiter le feu comme M. Hales a traité l'air, et le premier instrument qu'il faudroit employer pour ce nouvel art.

cules ignées, elles deviennent fixes, solides, et prennent une forme concrète. Ainsi les matières qui augmentent de poids par le feu, comme l'étain, le plomb, les fleurs de zinc, etc. et toutes les autres qu'on pourra découvrir, sont des substances qui, par leur affinité avec le feu, l'attirent et se l'incorporent. Toutes les matières, au contraire, qui, comme le fer, le cuivre, etc. deviennent plus légères à mesure qu'on les calcine, sont des substances dont la force attractive, relativement aux particules ignées, est moindre que la force expansive du feu; et c'est ce qui fait que le feu, au lieu de se fixer dans ces matières, en enlève au contraire et en chasse les parties les moins liées, qui ne peuvent résister à son impulsion. Enfin celles qui, comme l'or, la platine, l'argent, le grès, etc. ne perdent ni n'acquièrent par l'application du feu, et qu'il ne fait, pour ainsi dire, que traverser sans en rien enlever et sans y rien laisser, sont des substances qui, n'ayant aucune affinité avec le feu, et ne pouvant se joindre avec lui, ne peuvent par conséquent ni le retenir ni l'accompagner en se laissant enlever. Il est évident que les matières des

deux premières classes ont avec le feu un certain degré d'affinité, puisque celles de la seconde classe se chargent du feu qu'elles retiennent, et que le feu se charge de celles de la première classe et qu'il les emporte, au lieu que les matières de la troisième classe, auxquelles il ne donne ni n'ôte rien, n'ont aucun rapport d'affinité ou d'attraction avec lui, et sont, pour ainsi dire, indifférentes à son action, qui ne peut ni les dénaturer ni même les altérer.

Cette division de toutes les matières en trois classes relatives à l'action du feu, n'exclut pas la division plus particulière et moins absolue de toutes les matières en deux autres classes, qu'on a jusqu'ici regardées comme relatives à leur propre nature, qui, dit-on, est toujours vitrescible ou calcaire. Notre nouvelle division n'est qu'un point de vue plus élevé, sous lequel il faut les considérer pour tâcher d'en déduire la connoissance même de l'argent qu'on emploie par les différens rapports que le feu peut avoir avec toutes les substances auxquelles on l'applique. Faute de comparer ou de combiner ces rapports, ainsi que les moyens qu'on emploie pour appli-

quer le feu, je vois qu'on tombe tous les jours dans des contradictions apparentes, et même dans des erreurs très-préjudiciables*.

* Je vais en donner un exemple récent. Deux habiles chimistes (MM. Pott et d'Arcet) ont soumis un grand nombre de substances à l'action du feu. Le premier s'est servi d'un fourneau que je suis étonné que le second n'ait point entendu, puisque rien ne m'a paru si clair dans tout l'ouvrage de M. Pott, et qu'il ne faut qu'un coup-d'œil sur la planche gravée de ce fourneau, pour reconnoître que, par sa construction, il peut, quoique sans soufflets, faire à peu près autant d'effet que s'il en étoit garni; car au moyen des longs tuyaux qui sont adaptés au fourneau par le haut et par le bas, l'air y arrive et circule avec une rapidité d'autant plus grande, que les tuyaux sont mieux proportionnés : ce sont des soufflets constans, et dont on peut augmenter l'effet à volonté. Cette construction est si bonne et si simple, que je ne puis concevoir que M. d'Arcet dise *que ce fourneau est un problême pour lui... qu'il est persuadé que M. Pott a dû se servir de soufflets, etc.* tandis qu'il est évident que son fourneau équivaut, par sa construction, à l'action des soufflets, et que par conséquent il n'avoit pas besoin d'y avoir recours; que d'ailleurs ce fourneau est encore exempt du vice que M. d'Arcet reproche aux soufflets, dont il a raison de dire que

On pourroit donc dire, avec les naturalistes, que tout est vitrescible dans la nature, à l'exception de ce qui est calcaire ; que les

l'action alterne, sans cesse renaissante et expirante, jette du trouble et de l'inégalité sur celle du feu ; ce qui ne peut arriver ici, puisque, par la construction du fourneau, l'on voit évidemment que le renouvellement de l'air est constant, et que son action ne renaît ni n'expire, mais est continue et toujours uniforme. Ainsi M. Pott a employé l'un des moyens dont on se doit servir pour appliquer le feu, c'est-à-dire, un moyen par lequel, comme par les soufflets, on augmente la vîtesse du feu, en le pressant incessamment par un air toujours renouvelé ; et toutes les fusions qu'il a faites par ce moyen, et dont j'ai répété quelques unes, comme celles du grès, du quartz, etc. sont très-réelles, quoique M. d'Arcet les nie : car pourquoi les nie-t-il ? c'est que de son côté, au lieu d'employer, comme M. Pott, le premier de nos procédés généraux, c'est-à-dire, le feu par sa vîtesse accélérée autant qu'il est possible par le mouvement rapide de l'air, moyen par lequel il eût obtenu les mêmes résultats, il s'est servi du second procédé, et n'a employé que le feu en grand volume dans un fourneau, sans soufflets ou sans équivalent, dans lequel par conséquent le feu ne devoit pas produire les mêmes effets, mais devoit en donner d'autres, que, par la même raison,

quartz, les crystaux, les pierres précieuses, les cailloux, les grès, les granits, porphyres, agates, ardoises, gypses, argilles, les pierres

le premier procédé ne pouvoit pas produire. Ainsi les contradictions entre les résultats de ces deux habiles chimistes ne sont qu'apparentes et fondées sur deux erreurs évidentes : la première consiste à croire que le feu le plus violent est celui qui est en plus grand volume; et la seconde, que l'on doit obtenir du feu violent les mêmes résultats, de quelque manière qu'on l'applique : cependant ces deux idées sont fausses. La considération des vérités contraires est encore une des premières pierres qu'il faudroit poser aux fondemens de la chimie; car ne seroit-il pas très-nécessaire avant tout, et pour éviter de pareilles contradictions à l'avenir, que les chimistes ne perdissent point de vue qu'il y a trois moyens généraux, et très-différens l'un de l'autre, d'appliquer le feu violent? Le premier, comme je l'ai dit, par lequel on n'emploie qu'un petit volume de feu, mais que l'on agite, aiguise, exalte au plus haut degré par la vîtesse de l'air, soit par des soufflets, soit par un fourneau semblable à celui de M. Pott, qui tire l'air avec rapidité : on voit par l'effet de la lampe d'émailleur, qu'avec une quantité de feu presque infiniment petite, on fait de plus grands effets en petit que le fourneau de verrerie ne peut en faire en grand. Le second moyen est

ponces, les laves, les amiantes avec tous les métaux et autres minéraux, sont vitrifiables par le feu de nos fourneaux, ou par celui des

d'appliquer le feu, non pas en petit, mais en très-grande quantité, comme on le fait dans les fourneaux de porcelaine et de verrerie, où le feu n'est fort que par son volume, où son action est tranquille, et n'est pas exaltée par un renouvellement très-rapide de l'air. Le troisième moyen est d'appliquer le feu en très-petit volume, mais en augmentant sa masse et son intensité au point de le rendre plus fort que par le second moyen, et plus violent que par le premier; et ce moyen de concentrer le feu et d'en augmenter la masse par les miroirs ardens, est encore le plus puissant de tous.

Or chacun de ces trois moyens doit fournir un certain nombre de résultats différens : si, par le premier moyen, on fond et vitrifie telles et telles matières, il est très-possible que, par le second moyen, on ne puisse vitrifier ces mêmes matières, et qu'au contraire on en puisse fondre d'autres qui n'ont pu l'être par le premier moyen; et enfin il est tout aussi possible que, par le troisième moyen, on obtienne encore plusieurs résultats semblables ou différens de ceux qu'ont fournis les deux premiers moyens. Dès lors un chimiste qui, comme M. Pott, n'emploie que le premier moyen, doit se borner à donner les résultats fournis par ce moyen, faire,

miroirs ardens ; tandis que les marbres, les albâtres, les pierres, les craies, les marnes, et les autres substances qui proviennent du

comme il l'a fait, l'énumération des matières qu'il a fondues, mais ne pas prononcer sur la non-fusibilité des autres, parce qu'elles peuvent l'être par le second ou le troisième moyen ; enfin ne pas dire affirmativement et exclusivement, en parlant de son fourneau, *qu'en une heure de temps, ou deux au plus, il met en fonte tout ce qui est fusible dans la nature*. Et, par la même raison, un autre chimiste qui, comme M. d'Arcet, ne s'est servi que du second moyen, tombe dans l'erreur, s'il se croit en contradiction avec celui qui ne s'est servi que du premier moyen, et cela parce qu'il n'a pu fondre plusieurs matières que l'autre a fait couler, et qu'au contraire il a mis en fusion d'autres matières que le premier n'avoit pu fondre ; car si l'un ou l'autre se fût avisé d'employer successivement les deux moyens, il auroit bien senti qu'il n'étoit point en contradiction avec lui-même, et que la différence des résultats ne provenoit que de la différence des moyens employés. Que résulte-t-il donc de réel de tout ceci, sinon qu'il faut ajouter à la liste des matières fondues par M. Pott celles de M. d'Arcet, et se souvenir seulement que, pour fondre les premières, il faut le premier moyen, et le second pour fondre les autres ? Il n'y a par conséquent aucune contra-

détriment des coquilles et des madrépores, ne peuvent se réduire en fusion par ces moyens. Cependant je suis persuadé que si l'on vient à bout d'augmenter encore la force des fourneaux, et sur-tout la puissance des miroirs ardens, on arrivera au point de faire fondre ces matières calcaires qui paroissent être d'une nature différente de celle des autres; puisqu'il y a mille et mille raisons de croire qu'au fond leur substance est la même, et

diction entre les expériences de M. Pott et celles de M. d'Arcet, que je crois également bonnes: mais tous deux, après cette conciliation, auroient encore tort de conclure qu'ils ont fondu par ces deux moyens tout ce qui est fusible dans la nature, puisque l'on peut démontrer que par le troisième moyen, c'est-à-dire, par les miroirs ardens, on fond et vitrifie, on volatilise et même on brûle quelques matières qui leur ont également paru fixes et réfractaires au feu de leurs fourneaux. Je ne m'arrêterai pas sur plusieurs choses de détail, qui cependant mériteroient animadversion, parce qu'il est toujours utile de ne pas laisser germer des idées erronées ou faits mal vus, et dont on peut tirer de fausses conséquences. M. d'Arcet dit qu'il a remarqué constamment que la flamme fait plus d'effet que le feu de charbon. Oui sans doute, si ce feu n'est pas excité par le vent; mais

que le verre est la base commune de toutes les matières terrestres.

Par les expériences que j'ai pu faire moi-même pour comparer la force du feu selon qu'on emploie, ou sa vîtesse, ou son volume, ou sa masse, j'ai trouvé que le feu des plus grands et des plus puissans fourneaux de verrerie n'est qu'un feu foible en comparaison de celui des fourneaux à soufflets, et que le

toutes les fois que le charbon ardent sera vivifié par un air rapide, il y aura de la flamme qui sera plus active et produira de bien plus grands effets que la flamme tranquille. De même, lorsqu'il dit que les fourneaux donnent de la chaleur en raison de leur épaisseur, cela ne peut être vrai que dans le seul cas où les fourneaux étant supposés égaux, le feu qu'ils contiennent seroit en même temps animé par deux courans d'air égaux en volume et en rapidité. La violence du feu dépend presque en entier de cette rapidité du courant de l'air qui l'anime; je puis le démontrer par ma propre expérience: j'ai vu le grès, que M. d'Arcet croit infusible, couler et se couvrir d'émail par le moyen de deux bons soufflets, mais sans le secours d'aucun fourneau et à feu ouvert. L'effet des fourneaux épais n'est pas d'augmenter la chaleur, mais de la conserver; et ils la conservent d'autant plus long-temps qu'ils sont plus épais.

feu produit au foyer d'un bon miroir ardent est encore plus fort que celui des plus grands fourneaux de forge. J'ai tenu pendant trente-six heures, dans l'endroit le plus chaud du fourneau de Rouelle en Bourgogne, où l'on fait des glaces aussi grandes et aussi belles qu'à Saint-Gobin en Picardie, et où le feu est aussi violent ; j'ai tenu, dis-je, pendant trente-six heures à ce feu, de la mine de fer, sans qu'elle se soit fondue, ni agglutinée, ni même altérée en aucune manière, tandis qu'en moins de douze heures cette mine coule en fonte dans les fourneaux de ma forge : ainsi ce dernier feu est bien supérieur à l'autre. De même j'ai fondu ou volatilisé au miroir ardent plusieurs matières que ni le feu des fourneaux de réverbère, ni celui des plus puissans soufflets, n'avoient pu fondre, et je me suis convaincu que ce dernier moyen est le plus puissant de tous. Mais je renvoie à la partie expérimentale de mon ouvrage le détail de ces expériences importantes, dont je me contente d'indiquer ici le résultat général.

On croit vulgairement que la flamme est la partie la plus chaude du feu : cependant rien n'est plus mal fondé que cette opinion ;

car on peut démontrer le contraire par les expériences les plus aisées et les plus familières. Présentez à un feu de paille ou même à la flamme d'un fagot qu'on vient d'allumer, un linge pour le sécher ou le chauffer ; il vous faudra le double et le triple du temps pour lui donner le degré de sécheresse ou de chaleur que vous lui donnerez en l'exposant à un brasier sans flamme, ou même à un poêle bien chaud. La flamme a été très-bien caractérisée par Newton, lorsqu'il l'a définie une fumée brûlante (*flamma est fumus candens*), et cette fumée ou vapeur qui brûle n'a jamais la même quantité, la même intensité de chaleur que le corps combustible duquel elle s'échappe ; seulement, en s'élevant et s'étendant au loin, elle a la propriété de communiquer le feu, et de le porter plus loin que ne s'étend la chaleur du brasier, qui seule ne suffiroit pas pour le communiquer même de près.

Cette communication du feu mérite une attention particulière. J'ai vu, après y avoir réfléchi, que, pour la bien entendre, il falloit s'aider non seulement des faits qui paroissent y avoir rapport, mais encore de quelques expériences nouvelles, dont le suc-

cès ne me paroît laisser aucun doute sur la manière dont se fait cette opération de la nature. Qu'on reçoive dans un moule deux ou trois milliers de fer au sortir du fourneau, ce métal perd en peu de temps son incandescence, et cesse d'être rouge après une heure ou deux, suivant l'épaisseur plus ou moins grande du lingot. Si, dans ce moment qu'il cesse de nous paroître rouge, on le tire du moule, les parties inférieures seront encore rouges, mais perdront cette couleur en peu de temps. Or, tant que le rouge subsiste, on pourra enflammer, allumer les matières combustibles qu'on appliquera sur ce lingot : mais, dès qu'il a perdu cet état d'incandescence, il y a des matières en grand nombre qu'il ne peut plus enflammer; et cependant la chaleur qu'il répand, est peut-être cent fois plus grande que celle d'un feu de paille qui néanmoins communiqueroit l'inflammation à toutes ces matières. Cela m'a fait penser que la flamme étant nécessaire à la communication du feu, il y avoit de la flamme dans toute incandescence; la couleur rouge semble en effet nous l'indiquer : mais, par l'habitude où l'on est de ne regarder

comme flamme que cette matière légère qu'agite et qu'emporte l'air, on n'a pas pensé qu'il pouvoit y avoir de la flamme assez dense pour ne pas obéir, comme la flamme commune, à l'impulsion de l'air; et c'est ce que j'ai voulu vérifier par quelques expériences, en approchant par degrés de ligne et de demi-ligne, des matières combustibles, près de la surface du métal en incandescence et dans l'état qui suit l'incandescence *.

Je suis donc convaincu que les matières incombustibles et même les plus fixes, telles que l'or et l'argent, sont, dans l'état d'incandescence, environnées d'une flamme dense qui ne s'étend qu'à une très-petite distance, et qui, pour ainsi dire, est attachée à leur surface; et je conçois aisément que quand la flamme devient dense à un certain degré, elle cesse d'obéir à la fluctuation de l'air. Cette couleur blanche ou rouge qui sort de tous les corps en incandescence et vient frapper nos yeux, est l'évaporation de cette flamme dense qui environne le corps en se renouvelant

* Voyez le détail de ces expériences dans la partie expérimentale de cet ouvrage.

incessamment à sa surface; et la lumière du soleil même n'est-elle pas l'évaporation de cette flamme dense dont brille sa surface avec si grand éclat? cette lumière ne produit-elle pas, lorsqu'on la condense, les mêmes effets que la flamme la plus vive? ne communique-t-elle pas le feu avec autant de promptitude et d'énergie? ne résiste-t-elle pas, comme notre flamme dense, à l'impulsion de l'air? ne suit-elle pas toujours une route directe, que le mouvement de l'air ne peut ni contrarier ni changer, puisqu'en soufflant, comme je l'ai éprouvé, avec un fort soufflet sur le cône lumineux d'un miroir ardent, on ne diminue point du tout l'action de la lumière dont il est composé, et qu'on doit la regarder comme une vraie flamme plus pure et plus dense que toutes les flammes de nos matières combustibles?

C'est donc par la lumière que le feu se communique, et la chaleur seule ne peut produire le même effet que quand elle devient assez forte pour être lumineuse. Les métaux, les cailloux, les grès, les briques, les pierres calcaires, quel que puisse être leur degré différent de chaleur, ne pourront enflammer deux corps que quand ils seront

devenus lumineux. L'eau elle-même, cet élément destructeur du feu, et par lequel seul nous pouvons en empêcher la communication, le communique néanmoins, lorsque dans un vaisseau bien fermé, tel que celui de la marmite de *Papin* *, on la pénètre d'une assez grande quantité de feu pour la rendre lumineuse, et capable de fondre le plomb et l'étain; tandis que, quand elle n'est que bouillante, loin de propager et de communiquer le feu, elle l'éteint sur-le-champ. Il est vrai que la chaleur seule suffit pour préparer et disposer les corps combustibles à l'inflammation, et les autres à l'incandescence; la chaleur chasse des corps toutes les parties humides, c'est-à-dire, de l'eau, qui, de toutes les matières, est celle qui s'oppose le plus à l'action du feu; et ce qui est remarquable, c'est que cette même chaleur qui dilate tous les corps, ne laisse pas de les durcir en les séchant : je l'ai reconnu cent fois, en examinant les pierres de mes grands

* Dans le *digesteur* de Papin, la chaleur de l'eau est portée au point de fondre le plomb et l'étain qu'on y a suspendu avec du fil de fer ou de laiton.

fourneaux, sur-tout les pierres calcaires; elles prennent une augmentation de dureté, proportionnée au temps qu'elles ont éprouvé la chaleur: celles, par exemple, des parois extérieures du fourneau, et qui ont reçu sans interruption, pendant cinq ou six mois de suite, quatre-vingts ou quatre-vingt-cinq degrés de chaleur constante, deviennent si dures, qu'on a de la peine à les entamer avec les instrumens ordinaires du tailleur de pierres; on diroit qu'elles ont changé de qualité, quoique néanmoins elles la conservent à tous autres égards; car ces mêmes pierres n'en font pas moins de la chaux comme les autres, lorsqu'on leur applique le degré de feu nécessaire à cette opération.

Ces pierres, devenues dures par la longue chaleur qu'elles ont éprouvée, deviennent en même temps spécifiquement plus pesantes *; de là j'ai cru devoir tirer une induction qui prouve, et même confirme pleinement, que la chaleur, quoiqu'en apparence, toujours fugitive et jamais stable dans les corps qu'elle

* Voyez sur cela les expériences dont je rends compte dans la partie expérimentale de cet ouvrage.

pénètre, et dont elle semble constamment s'efforcer de sortir, y dépose néanmoins d'une manière très-stable beaucoup de parties qui s'y fixent, et remplacent, en quantité même plus grande, les parties aqueuses et autres qu'elle en a chassées. Mais ce qui paroît contraire, ou du moins très-difficile à concilier ici, c'est que cette même pierre calcaire qui devient spécifiquement plus pesante par l'action d'une chaleur modérée, long-temps continuée, devient tout-à-coup plus légère de près d'une moitié de son poids, dès qu'on la soumet au grand feu nécessaire à sa calcination, et qu'elle perd en même temps non seulement toute la dureté qu'elle avoit acquise par l'action de la simple chaleur, mais même sa dureté naturelle, c'est-à-dire, la cohérence de ses parties constituantes; effet singulier, dont je renvoie l'explication à l'article suivant, où je traiterai de l'air, de l'eau et de la terre, parce qu'il me paroît tenir encore plus à la nature de ces trois élémens qu'à celle de l'élément du feu.

Mais c'est ici le lieu de parler de la calcination : prise généralement, elle est pour les corps fixes et incombustibles ce qu'est la

combustion pour les matières volatiles et inflammables; la calcination a besoin, comme la combustion, du secours de l'air; elle s'opère d'autant plus vîte qu'on lui fournit une plus grande quantité d'air; sans cela, le feu le plus violent ne peut rien calciner, rien enflammer que les matières qui contiennent en elles-mêmes, et qui fournissent, à mesure qu'elles brûlent ou se calcinent, tout l'air nécessaire à la combustion ou à la calcination des substances avec lesquelles on les mêle. Cette nécessité du concours de l'air dans la calcination, comme dans la combustion, indique qu'il y a plus de choses communes entre elles qu'on ne l'a soupçonné. L'application du feu est le principe de toutes deux; celle de l'air en est la cause seconde, et presque aussi nécessaire que la première: mais ces deux causes se combinent inégalement, selon qu'elles agissent en plus ou moins de temps, avec plus ou moins de force, sur des substances différentes; il faut, pour en raisonner juste, se rappeler les effets de la calcination, et les comparer entre eux et avec ceux de la combustion.

La combustion s'opère promptement, et

quelquefois se fait en un instant; la calcination est toujours plus lente, et quelquefois si longue, qu'on la croit impossible. A mesure que les matières sont plus inflammables et qu'on leur fournit plus d'air, la combustion s'en fait avec plus de rapidité : et par la raison inverse, à mesure que les matières sont plus incombustibles, la calcination s'en fait avec plus de lenteur; et lorsque les parties constituantes d'une substance telle que l'or sont non seulement incombustibles, mais paroissent si fixes qu'on ne peut les volatiliser, la calcination ne produit aucun effet, quelque violente qu'elle puisse être. On doit donc considérer la calcination et la combustion comme des effets du même ordre, dont les deux extrêmes nous sont désignés par le phosphore, qui est le plus inflammable de tous les corps, et par l'or, qui de tous est le plus fixe et le moins combustible; toutes les substances comprises entre ces deux extrêmes seront plus ou moins sujettes aux effets de la combustion ou de la calcination, selon qu'elles s'approcheront plus ou moins de ces deux extrêmes : de sorte que, dans les points milieux, il se trouvera des substances qui

éprouveront au feu combustion et calcination en degré presque égal ; d'où nous pouvons conclure, sans craindre de nous tromper, que toute calcination est toujours accompagnée d'un peu de combustion, et que de même toute combustion est accompagnée d'un peu de calcination. Les cendres et les autres résidus des matières les plus combustibles ne démontrent-ils pas que le feu a calciné toutes les parties qu'il n'a pas brûlées, et que par conséquent un peu de calcination se trouve ici avec beaucoup de combustion ? La petite flamme qui s'élève de la plupart des matières qu'on calcine, ne démontre-t-elle pas de même, qu'il s'y fait un peu de combustion ? Ainsi nous ne devons pas séparer ces deux effets, si nous voulons bien saisir les résultats de l'action du feu sur les différentes substances auxquelles on l'applique.

Mais, dira-t-on, la combustion détruit les corps, ou du moins en diminue toujours le volume ou la masse, en raison de la quantité de matière qu'elle enlève ou consume ; la calcination fait souvent le contraire, et augmente la pesanteur d'un grand nombre de matières : doit-on dès lors considérer ces deux

effets, dont les résultats sont si contraires, comme des effets du même ordre? L'objection paroît fondée, et mérite réponse, d'autant que c'est ici le point le plus difficile de la question. Je crois néanmoins pouvoir y satisfaire pleinement. Considérons pour cela une matière dans laquelle nous supposerons moitié de parties fixes et moitié de parties volatiles ou combustibles : il arrivera, par l'application du feu que toutes ces parties volatiles ou combustibles seront enlevées ou brûlées, et par conséquent séparées de la masse totale; dès lors cette masse, ou quantité de matière, se trouvera diminuée de moitié, comme nous le voyons dans les pierres calcaires qui perdent au feu près de la moitié de leur poids. Mais si l'on continue à appliquer le feu pendant un très-long temps à cette moitié toute composée de parties fixes, n'est-il pas facile de concevoir que toute combustion, toute volatilisation étant cessées, cette matière, au lieu de continuer à perdre de sa masse, doit au contraire en acquérir aux dépens de l'air et du feu dont on ne cesse de la pénétrer? et celles qui, comme le plomb, ne perdent rien, mais

gagnent par l'application du feu, sont des matières déja calcinées, préparées par la nature au degré où la combustion a cessé, et susceptibles, par conséquent, d'augmenter de pesanteur dès les premiers instans de l'application du feu. Nous avons vu que la lumière s'amortit et s'éteint à la surface de tous les corps qui ne la réfléchissent pas; nous avons vu que la chaleur, par sa longue résidence, se fixe en partie dans les matières qu'elle pénètre; nous savons que l'air, presque aussi nécessaire à la calcination qu'à la combustion, et toujours d'autant plus nécessaire à la calcination que les matières ont plus de fixité, se fixe lui-même dans l'intérieur des corps, et en devient partie constituante : dès lors n'est-il pas très-naturel de penser que cette augmentation de pesanteur ne vient que de l'addition des particules de lumière, de chaleur et d'air, qui se sont enfin fixées et unies à une matière contre laquelle elles ont fait tant d'efforts, sans pouvoir ni l'enlever ni la brûler? Cela est si vrai, que quand on leur présente ensuite une substance combustible avec laquelle elles ont bien plus d'analogie, ou plutôt de conformité de nature,

elles s'en saisissent avidement, quittent la matière fixe à laquelle elles n'étoient, pour ainsi dire, attachées que par force, reprennent par conséquent leur mouvement naturel, leur élasticité, leur volatilité, et partent toutes avec la matière combustible, à laquelle elles viennent de se joindre. Dès lors le métal ou la matière calcinée à laquelle vous avez rendu ces parties volatiles qu'elle avoit perdues par sa combustion, reprend sa première forme, et sa pesanteur se trouve diminuée de toute la quantité des particules de feu et d'air qui s'étoient fixées, et qui viennent d'être enlevées par cette nouvelle combustion. Tout cela s'opère par la seule loi des affinités ; et après ce qui vient d'être dit, il me semble qu'il n'y a pas plus de difficulté à concevoir comment la chaux d'un métal se réduit, que d'entendre comment il se précipite en dissolution : la cause est la même, et les effets sont pareils. Un métal dissous par un acide se précipite lorsqu'on présente à cet acide une autre substance avec laquelle il a plus d'affinité qu'avec le métal; l'acide le quitte alors et le laisse tomber. De même ce métal calciné, c'est-à-dire, chargé de par-

parties d'air, de chaleur et de feu, qui s'étant fixées le tiennent sous la forme d'une chaux, se précipitera, ou, si l'on veut, se réduira, lorsqu'on présentera à ce feu et à cet air fixés, des matières combustibles, avec lesquelles ils ont bien plus d'affinité qu'avec le métal, qui reprendra sa première forme dès qu'il sera débarrassé de cet air et de ce feu superflus, et qu'il aura repris, aux dépens des matières combustibles qu'on lui présente, les parties volatiles qu'il avoit perdues.

Cette explication me paroît si simple et si claire, que je ne vois pas ce qu'on peut y opposer. L'obscurité de la chimie vient en grande partie de ce qu'on en a peu généralisé les principes, et qu'on ne les a pas réunis à ceux de la haute physique. Les chimistes ont adopté les affinités sans les comprendre, c'est-à-dire, sans entendre le rapport de la cause à l'effet, qui néanmoins n'est autre que celui de l'attraction universelle; ils ont créé leur phlogistique, sans savoir ce que c'est, et cependant c'est de l'air et du feu fixes; ils ont formé, à mesure qu'ils en ont eu besoin, des êtres idéaux, des *minéralisateurs*, des *terres mercurielles*, des noms, des termes

d'autant plus vagues que l'acception en est plus générale. J'ose dire que M. Macquer et M. de Morveau sont les premiers de nos chimistes qui aient commencé à parler françois *. Cette science va donc naître, puisqu'on commence à la parler; et on la parlera d'autant mieux, on l'entendra d'autant plus aisément, qu'on en bannira le plus de mots techniques, qu'on renoncera de meilleure foi à tous ces petits principes secondaires tirés de la méthode, qu'on s'occupera davantage de les déduire des principes généraux de la mécanique rationnelle, qu'on cherchera avec plus de soin à les ramener aux lois de la nature, et qu'on sacrifiera plus volontiers la commodité d'expliquer d'une manière précaire et selon l'art les phénomènes de la composition ou de la décomposition des substances à la

* Dans le moment même qu'on imprime ces feuilles, paroît l'ouvrage de M. Baumé, qui a pour titre, *Chimie expérimentale et raisonnée*. L'auteur non seulement y parle une langue intelligible, mais il s'y montre par-tout aussi bon physicien que grand chimiste, et j'ai eu la satisfaction de voir que quelques unes de ses idées générales s'accordent avec les miennes.

difficulté de les présenter pour tels qu'ils sont, c'est-à-dire, pour des effets particuliers dépendans d'effets plus généraux, qui sont les seules vraies causes, les seuls principes réels auxquels on doive s'attacher, si l'on veut avancer la science de la philosophie naturelle.

Je crois avoir démontré * que toutes les petites lois des affinités chimiques, qui paroissent si variables, si différentes entre elles, ne sont cependant pas autres que la loi générale de l'attraction commune à toute la matière; que cette grande loi, toujours constante, toujours la même, ne paroît varier que par son expression, qui ne peut pas être la même, lorsque la figure des corps entre comme un élément dans leur distance. Avec cette nouvelle clef, on pourra scruter les secrets les plus profonds de la nature, on pourra parvenir à connoître la figure des parties primitives des différentes substances, assigner les lois et les degrés de leurs affinités, déterminer les formes qu'elles prendront en se

* Voyez, dans cet ouvrage, l'article qui a pour titre, *De la nature, seconde vue*.

réunissant, etc. Je crois de même avoir fait entendre comme l'impulsion dépend de l'attraction, et que, quoiqu'on puisse la considérer comme une force différente, elle n'est néanmoins qu'un effet particulier de cette force unique et générale; j'ai présenté la communication du mouvement comme impossible, autrement que par le ressort, d'où j'ai conclu que tous les corps de la nature sont plus ou moins élastiques, et qu'il n'y en a aucun qui soit parfaitement dur, c'est-à-dire, entièrement privé de ressort, puisque tous sont susceptibles de recevoir du mouvement; j'ai tâché de faire connoître comment cette force unique pouvoit changer de direction, et d'attractive devenir tout-à-coup répulsive; et de ces grands principes, qui tous sont fondés sur la mécanique rationnelle, j'ai essayé de déduire les principales opérations de la nature, telles que la production de la lumière, de la chaleur, du feu, et de leur action sur les différentes substances : ce dernier objet, qui nous intéresse le plus, est un champ vaste, dont le défrichement suppose plus d'un siècle, et dont je n'ai pu cultiver qu'un espace médiocre, en remettant à des

mains plus habiles ou plus laborieuses les instrumens dont je me suis servi. Ces instrumens sont les trois moyens d'employer le feu par sa vîtesse, par son volume et par sa masse, en l'appliquant concurremment aux trois classes des substances, qui toutes, ou perdent, ou gagnent, ou ne perdent ni ne gagnent par l'application du feu. Les expériences que j'ai faites sur le refroidissement des corps, sur la pesanteur réelle du feu, sur la nature de la flamme, sur le progrès de la chaleur, sur sa communication, sa déperdition, sa concentration, sur sa violente action sans flamme, etc., sont encore autant d'instrumens, qui épargneront beaucoup de travail à ceux qui voudront s'en servir, et produiront une très-ample moisson de connoissances utiles.

DES ÉLÉMENS.

SECONDE PARTIE.

De l'air, de l'eau et de la terre.

Nous avons vu que l'air est l'adminicule nécessaire et le premier aliment du feu, qui ne peut ni subsister, ni se propager, ni s'augmenter, qu'autant qu'il se l'assimile, le consomme ou l'emporte, tandis que de toutes les substances matérielles l'air est au contraire celle qui paroît exister le plus indépendamment, et subsister le plus aisément, le plus constamment, sans le secours ou la présence du feu; car, quoiqu'il ait habituellement la même chaleur à peu près que les autres matières à la surface de la terre, il pourroit s'en passer, et il lui en faut infiniment

moins qu'à toute autre pour entretenir sa fluidité, puisque les froids les plus excessifs, soit naturels, soit artificiels, ne lui font rien perdre de sa nature; que les condensations les plus fortes ne sont pas capables de rompre son ressort; que le feu actif, ou plutôt actuellement en exercice sur les matières combustibles, est le seul agent qui puisse altérer sa nature en le raréfiant, c'est-à-dire en affoiblissant, en étendant son ressort jusqu'au point de le rendre sans effet et de détruire ainsi son élasticité. Dans cet état de trop grande expansion et d'affoiblissement extrême de son ressort, et dans toutes les nuances qui précèdent cet état, l'air est capable de reprendre son élasticité à mesure que les vapeurs des matières combustibles qui l'avoient affoiblie s'évaporeront et s'en sépareront. Mais si le ressort a été totalement affoibli et si prodigieusement étendu, qu'il ne puisse plus se resserrer ni se restituer, ayant perdu toute sa puissance élastique, l'air, de volatil qu'il étoit auparavant, devient une substance fixe qui s'incorpore avec les autres substances, et fait dès lors partie constituante de toutes celles auxquelles il s'unit par le

contact, ou dans lesquelles il pénètre à l'aide de la chaleur. Sous cette nouvelle forme, il ne peut plus abandonner le feu que pour s'unir comme matière fixe à d'autres matières fixes; et s'il en reste quelques parties inséparables du feu, elles font dès lors portion de cet élément; elles lui servent de base, et se déposent avec lui dans les substances qu'ils échauffent et pénètrent ensemble. Cet effet, qui se manifeste dans toutes les calcinations, est d'autant plus sûr et d'autant plus sensible, que la chaleur est appliquée plus long-temps. La combustion ne demande que peu de temps pour se faire, même complétement, au lieu que toute calcination suppose beaucoup de temps : il faut, pour l'accélérer, amener à la surface, c'est-à-dire présenter successivement à l'air, les matières que l'on veut calciner; il faut les fondre ou les diviser en parties impalpables, pour qu'elles offrent à cet air plus de superficie; il faut même se servir de soufflets, moins pour augmenter l'ardeur du feu que pour établir un courant d'air sur la surface des matières, si l'on veut presser leur calcination : et, pour la compléter avec tous ces moyens, il faut

souvent beaucoup de temps *; d'où l'on doit conclure qu'il faut aussi une assez longue résidence de l'air devenu fixe dans les substances terrestres pour qu'il s'établisse à demeure sous cette nouvelle forme.

Mais il n'est pas nécessaire que le feu soit violent pour faire perdre à l'air son élasticité; le plus petit feu, et même une chaleur très-médiocre, dès qu'elle est immédiatement et constamment appliquée sur une petite quantité d'air, suffisent pour en détruire le ressort : et pour que cet air sans ressort se fixe ensuite dans les corps, il ne faut qu'un peu plus ou un peu moins de temps, selon le

* Je ne sais si l'on ne calcineroit pas l'or, non pas en le tenant, comme Boyle ou Kunckel, pendant un très-long temps, dans un fourneau de verrerie, où la vîtesse de l'air n'est pas grande, mais en le mettant près de la tuyère d'un bon fourneau à vent, et le tenant en fusion dans un vaisseau ouvert, où l'on plongeroit une petite spatule, qu'on ajusteroit de manière qu'elle tourneroit incessamment et remueroit continuellement l'or en fusion; car il n'y a pas de comparaison entre la force de ces feux, parce que l'air est ici bien plus accéléré que dans les fourneaux de verrerie.

plus ou moins d'affinité qu'il peut avoir sous cette nouvelle forme avec les matières auxquelles il s'unit. La chaleur du corps des animaux, et même des végétaux, est encore assez puissante pour produire cet effet : les degrés de chaleur sont différens dans les différens genres d'animaux ; et à commencer par les oiseaux, qui sont les plus chauds de tous, on passe successivement aux quadrupèdes, à l'homme, aux cétacés, qui le sont moins ; aux reptiles, aux poissons, aux insectes, qui le sont beaucoup moins ; et enfin aux végétaux, dont la chaleur est si petite, qu'elle a paru nulle aux observateurs, quoiqu'elle soit très-réelle et qu'elle surpasse en hiver celle de l'atmosphère. J'ai observé sur un grand nombre de gros arbres coupés dans un temps froid, que leur intérieur étoit très-sensiblement chaud, et que cette chaleur duroit pendant plusieurs minutes après leur abattage. Ce n'est pas le mouvement violent de la cognée, ou le frottement brusque et réitéré de la scie, qui produisent seuls cette chaleur ; car en fendant ensuite ce bois avec des coins, j'ai vu qu'il étoit chaud à deux ou trois pieds de distance de l'endroit où l'on

avoit placé les coins, et que par conséquent il avoit un degré de chaleur assez sensible dans tout son intérieur. Cette chaleur n'est que très-médiocre tant que l'arbre est jeune et qu'il se porte bien : mais dès qu'il commence à vieillir, le cœur s'échauffe par la fermentation de la séve, qui n'y circule plus avec la même liberté ; cette partie du centre prend en s'échauffant une teinte rouge, qui est le premier indice du dépérissement de l'arbre et de la désorganisation du bois. J'en ai manié des morceaux dans cet état, qui étoient aussi chauds que si on les eût fait chauffer au feu. Si les observateurs n'ont pas trouvé qu'il y eût aucune différence entre la température de l'air et la chaleur des végétaux, c'est qu'ils ont fait leurs observations en mauvaise saison, et qu'ils n'ont pas fait attention qu'en été la chaleur de l'air est aussi grande et plus grande que celle de l'intérieur d'un arbre, tandis qu'en hiver c'est tout le contraire ; ils ne se sont pas souvenus que les racines ont constamment au moins le degré de chaleur de la terre qui les environne, et que cette chaleur de l'intérieur de la terre est, pendant tout l'hiver, considé-

rablement plus grande que celle de l'air et de la surface de la terre refroidie par l'air : ils ne se sont pas rappelé que les rayons du soleil, tombant trop vivement sur les feuilles et sur les autres parties délicates des végétaux, non seulement les échauffent, mais les brûlent; qu'ils échauffent de même à un très-grand degré l'écorce et le bois dont ils pénètrent la surface, dans laquelle ils s'amortissent et se fixent : ils n'ont pas pensé que le mouvement seul de la séve, déja chaude, est une cause nécessaire de chaleur, et que ce mouvement venant à augmenter par l'action du soleil ou d'une autre chaleur extérieure, celle des végétaux doit être d'autant plus grande que le mouvement de leur séve est plus accéléré, etc. Je n'insiste si long-temps sur ce point qu'à cause de son importance; l'uniformité du plan de la nature seroit violée, si, ayant accordé à tous les animaux un degré de chaleur supérieur à celui des matières brutes, elle l'avoit refusé aux végétaux, qui, comme les animaux, ont leur espèce de vie.

Mais ici l'air contribue encore à la chaleur animale et vitale, comme nous avons vu plus haut qu'il contribuoit à l'action du feu

dans la combustion et la calcination des matières combustibles et calcinables. Les animaux qui ont des poumons, et qui par conséquent respirent l'air, ont toujours plus de chaleur que ceux qui en sont privés; et plus la surface intérieure des poumons est étendue et ramifiée en plus grand nombre de cellules ou bronches, plus, en un mot, elle présente de superficie à l'air que l'animal tire par l'inspiration, plus aussi son sang devient chaud, et plus il communique de chaleur à toutes les parties du corps qu'il abreuve ou nourrit; et cette proportion a lieu dans tous les animaux connus. Les oiseaux ont, relativement au volume de leur corps, les poumons considérablement plus étendus que l'homme ou les quadrupèdes; les reptiles, même ceux qui ont de la voix, comme les grenouilles, n'ont, au lieu de poumons, qu'une simple vessie; les insectes, qui n'ont que peu ou point de sang, ne pompent l'air que par quelques trachées, etc. Aussi, en prenant le degré de la température de la terre pour terme de comparaison, j'ai vu que cette chaleur étant supposée de 10 degrés, celle des oiseaux étoit de près de 33 degrés,

celle de quelques quadrupèdes de plus de 31 $\frac{1}{2}$ degrés, celle de l'homme de 30 $\frac{1}{2}$ ou 31, tandis que celle des grenouilles n'est que de 15 ou 16, celle des poissons et des insectes de 11 ou 12, c'est-à-dire la moindre de toutes, et à très-peu près la même que celle des végétaux *. Ainsi le degré de chaleur dans l'homme et dans les animaux dépend de la force et de l'étendue des poumons : ce sont les soufflets de la machine animale; ils en entretiennent et augmentent le feu selon qu'ils sont plus ou moins puissans, et que

* Je ne sais pas s'il faut faire une exception pour les abeilles, comme l'ont fait la plupart de nos observateurs, qui prétendent que ces mouches ont autant de chaleur que les animaux qui respirent, parce que leur ruche est aussi chaude que le corps de ces animaux : il me semble que cette chaleur de l'intérieur de la ruche n'est point du tout la chaleur de chaque abeille, mais la somme totale de la chaleur qui s'évapore des corps de neuf ou dix mille individus réunis dans cet espace où leur mouvement continuel doit l'augmenter encore; et en divisant cette somme générale de chaleur par la quantité particulière de chaleur qui s'évapore de chaque individu, on trouveroit peut-être que l'abeille n'a pas plus de chaleur qu'une autre mouche.

leur mouvement est plus ou moins prompt. La seule difficulté est de concevoir comment ces espèces de soufflets (dont la construction est aussi supérieure à celle de nos soufflets d'usage que la nature est au-dessus de nos arts) peuvent porter l'air sur le feu qui nous anime; feu dont le foyer paroît assez indéterminé, feu qu'on n'a pas même voulu qualifier de ce nom, parce qu'il est sans flamme, sans fumée apparente, et que sa chaleur n'est que très-médiocre et assez uniforme. Cependant, si l'on considère que la chaleur et le feu sont des effets et même des élémens du même ordre, si l'on se rappelle que la chaleur raréfie l'air, et qu'en étendant son ressort elle peut l'affoiblir au point de le rendre sans effet, on pourra penser que cet air tiré par nos poumons, s'y raréfiant beaucoup, doit perdre son ressort dans les bronches et dans les petites vésicules, où il ne peut pénétrer qu'en très-petit volume, et en bulles dont le ressort, déja très-étendu, sera bientôt détruit par la chaleur du sang artériel et veineux; car ces vaisseaux du sang ne sont séparés des vésicules pulmonaires qui reçoivent l'air que par des cloisons si minces, qu'elles laissent

aisément passer cet air dans le sang, où il ne peut manquer de produire le même effet que sur le feu commun, parce que le degré de chaleur de ce sang est plus que suffisant pour détruire en entier l'élasticité des particules d'air, les fixer et les entraîner sous cette nouvelle forme dans toutes les voies de la circulation. Le feu du corps animal ne diffère du feu commun que du moins au plus ; le degré de chaleur est moindre : dès lors il n'y a point de flamme, parce que les vapeurs qui s'élèvent, et qui représentent la fumée de ce feu, n'ont pas assez de chaleur pour s'enflammer ou devenir ardentes, et qu'étant d'ailleurs mêlées de beaucoup de parties humides qu'elles enlèvent avec elles, ces vapeurs ou cette fumée ne peuvent ni s'allumer ni brûler *. Tous les

* J'ai fait une grande expérience au sujet de l'inflammation de la fumée. J'ai rempli de charbon sec et conservé à couvert depuis plus de six mois deux de mes fourneaux, qui ont également quatorze pieds de hauteur, et qui ne diffèrent dans leur construction que par les proportions des dimensions en largeur, le premier contenant juste un tiers de plus que le second. J'ai rempli l'un avec douze cents livres de ce charbon, et l'autre avec huit cents livres,

autres effets sont absolument les mêmes : la respiration d'un petit animal absorbe autant d'air que la lumière d'une chandelle ; dans

et j'ai adapté au plus grand un tuyau d'aspiration, construit avec un châssis de fer, garni de tôle, qui avoit treize pouces en quarré sur dix pieds de hauteur ; je lui avois donné treize pouces sur les quatre côtés, pour qu'il remplît exactement l'ouverture supérieure du fourneau, qui étoit quarrée, et qui avoit treize pouces et demi de toutes faces. Avant de remplir ces fourneaux, on avoit préparé dans le bas une petite cavité en forme de voûte, soutenue par des bois secs, sous lesquels on mit le feu au moment qu'on commença de charger de charbon : ce feu, qui d'abord étoit vif, se ralentit à mesure qu'on chargeoit, cependant il subsista toujours sans s'éteindre ; et lorsque les fourneaux furent remplis en entier, j'en examinai le progrès et le produit, sans le remuer et sans y rien ajouter : pendant les six premières heures, la fumée, qui avoit commencé de s'élever au moment qu'on avoit commencé de charger, étoit très-humide ; ce que je reconnoissois aisément par les gouttes d'eau qui paroissoient sur les parties extérieures du tuyau d'aspiration ; et ce tuyau n'étoit encore au bout de six heures que médiocrement chaud, car je pouvois le toucher aisément. On laissa le feu, le tuyau et les fourneaux, pendant toute la nuit dans cet état ; la fumée, continuant toujours,

des vaisseaux fermés, de capacités égales, l'animal meurt en même temps que la chandelle s'éteint. Rien ne peut démontrer plus évi-

devint si abondante, si épaisse et si noire, que le lendemain, en arrivant à mes forges, je crus qu'il y avoit un incendie. L'air étoit calme; et comme le vent ne dissipoit pas la fumée, elle enveloppoit les bâtimens et les déroboit à ma vue: elle duroit déja depuis vingt-six heures. J'allai à mes fourneaux: je trouvai que le feu, qui n'étoit allumé qu'à la partie du bas, n'avoit pas augmenté, qu'il se soutenoit au même degré; mais la fumée, qui avoit donné de l'humidité dans les six premières heures, étoit devenue plus sèche, et paroissoit néanmoins toute aussi noire. Le tuyau d'aspiration ne pompoit pas davantage; il étoit seulement un peu plus chaud, et la fumée ne formoit plus de gouttes sur sa surface extérieure. La cavité des fourneaux, qui avoit quatorze pieds de hauteur, se trouva vide, au bout des vingt-six heures, d'environ trois pieds; je les fis remplir, l'un avec cinquante, et l'autre avec soixante quinze livres de charbon, et je fis remettre tout de suite le tuyau d'aspiration qu'on avoit été obligé d'enlever pour charger. Cette augmentation d'aliment n'augmenta pas le feu ni même la fumée; elle ne changea rien à l'état précédent. J'observai le tout pendant huit heures de suite, m'attendant à tout instant à voir paroître la flamme, et ne concevant pas pourquoi

demment que le feu de l'animal et celui de la chandelle, ou de toute autre matière combustible allumée, sont des feux non seule-

cette fumée d'un charbon si sec, et si sèche elle-même, qu'elle ne déposoit pas la moindre humidité, ne s'enflammoit pas d'elle-même après trente-quatre heures de feu toujours subsistant au bas des fourneaux; je les abandonnai donc une seconde fois dans cet état, et donnai ordre de n'y pas toucher. Le jour suivant, douze heures après les trente-quatre, je trouvai le même brouillard épais, la même fumée noire couvrant mes bâtimens; et ayant visité mes fourneaux, je vis que le feu d'en bas étoit toujours le même, la fumée la même et sans aucune humidité, et que la cavité des fourneaux étoit vide de trois pieds deux pouces dans le plus petit, et de deux pieds neuf pouces seulement dans le plus grand, auquel étoit adapté le tuyau d'aspiration : je le remplis avec soixante-six livres de charbon, et l'autre avec cinquante-quatre, et je résolus d'attendre aussi long-temps qu'il seroit nécessaire pour savoir si cette fumée ne viendroit pas enfin à s'enflammer. Je passai neuf heures à l'examiner de temps à autre; elle étoit très-sèche, très-suffocante, très-sensiblement chaude, mais toujours noire et sans flamme au bout de cinquante-cinq heures. Dans cet état, je la laissai pour la troisième fois. Le jour suivant, treize heures après les cinquante-cinq, je la retrouvai encore de même,

ment du même ordre, mais d'une seule et même nature, auxquels le secours de l'air est également nécessaire, et qui tous deux se

le charbon de mes fourneaux baissé de même; et, comme je réfléchissois sur cette consommation de charbon sans flamme, qui étoit d'environ moitié de la consommation qui s'en fait dans le même temps et dans les mêmes fourneaux lorsqu'il y a de la flamme, je commençai à croire que je pourrois bien user beaucoup de charbon sans avoir de flamme, puisque depuis trois jours on avoit chargé trois fois les fourneaux (car j'oubliois de dire que ce jour même on venoit de remplir la cavité vide du grand fourneau avec quatre-vingts livres de charbon, et celle du petit avec soixante livres); je les laissai néanmoins fumer encore plus de cinq heures. Après avoir perdu l'espérance de voir cette fumée s'enflammer d'elle-même, je la vis tout d'un coup prendre feu, et faire une espèce d'explosion dans l'instant même qu'on lui présenta la flamme légère d'une poignée de paille; le tourbillon entier de la fumée s'enflamma jusqu'à huit à dix pieds de distance et autant de hauteur; la flamme pénétra la masse du charbon, et descendit dans le même moment jusqu'au bas du fourneau, et continua de brûler à la manière ordinaire; le charbon se consumoit une fois plus vîte, quoique le feu d'en bas ne parût guère plus animé: mais je suis convaincu que mes fourneaux auroient éternellement

l'approprient de la même manière, l'absorbent comme aliment, l'entraînent dans leur route, ou le déposent, sous une forme fixe, dans les substances qu'ils pénètrent.

Les végétaux et la plupart des insectes n'ont, au lieu de poumons, que des tuyaux aspiratoires, des espèces de trachées par lesquelles ils ne laissent pas de pomper tout l'air qui leur est nécessaire ; on le voit passer en bulles très-sensibles dans la séve de la vigne : il est non seulement pompé par les racines, mais souvent même par les feuilles ; il fait partie, et partie très-essentielle, de la nourriture du végétal, qui dès lors se l'assimile, le fixe et le conserve. Le petit degré de la chaleur végétale, joint à celui de la chaleur du soleil, suffit pour détruire le ressort de l'air contenu dans la séve, sur-tout lorsque cet air, qui n'a pu être admis dans le corps de la plante et arriver à la séve qu'après avoir passé par des tuyaux très-serrés, se trouve divisé en particules presque infiniment petites, que

fumé, si l'on n'eût pas allumé la fumée ; et rien ne me prouva mieux que la flamme n'est que de la fumée qui brûle, et que la communication du feu ne peut se faire que par la flamme.

le moindre degré de chaleur suffit pour rendre fixes. L'expérience confirme pleinement tout ce que je viens d'avancer : les matières animales et végétales contiennent toutes une très-grande quantité de cet air fixe ; et c'est en quoi consiste l'un des principes de leur inflammabilité. Toutes les matières combustibles contiennent beaucoup d'air ; tous les animaux et les végétaux, toutes leurs parties, tous leurs détrimens, toutes les matières qui en proviennent, toutes les substances où ces détrimens se trouvent mélangés, contiennent plus ou moins d'air fixe, et la plupart renferment aussi une certaine quantité d'air élastique. On ne peut douter de ces faits, dont la certitude est acquise par les belles expériences du docteur Hales, et dont les chimistes ne me paroissent pas avoir senti toute la valeur : car ils auroient reconnu depuis long-temps que l'air fixe doit jouer en grande partie le rôle de leur phlogistique ; ils n'auroient pas adopté ce terme nouveau, qui ne répond à aucune idée précise, et ils n'en auroient pas fait la base de toutes leurs explications des phénomènes chimiques ; ils ne l'auroient pas donné pour un être identique

et toujours le même, puisqu'il est composé d'air et de feu, tantôt dans un état fixe, et tantôt dans celui de la plus grande volatilité : et ceux d'entre eux qui ont regardé le phlogistique comme le produit du feu élémentaire ou de la lumière, se sont moins éloignés de la vérité, parce que le feu ou la lumière produisent, par le secours de l'air, tous les effets du phlogistique.

Les minéraux, qui, comme les soufres et les pyrites, contiennent dans leur substance une quantité plus ou moins grande des détrimens ultérieurs des animaux et des végétaux, renferment dès lors des parties combustibles qui, comme toutes les autres, contiennent plus ou moins d'air fixe, mais toujours beaucoup moins que les substances purement animales ou végétales. On peut également leur enlever cet air fixe par la combustion : on peut aussi le dégager par le moyen de l'effervescence ; et, dans les matières animales et végétales, on le dégage par la simple fermentation, qui, comme la combustion, a toujours besoin d'air pour s'opérer. Ceci s'accorde si parfaitement avec l'expérience, que je ne crois pas devoir

insister sur la preuve des faits : je me contenterai d'observer que les soufres et les pyrites ne sont pas les seuls minéraux qu'on doive regarder comme combustibles, qu'il y en a beaucoup d'autres dont je ne ferai point ici l'énumération, parce qu'il suffit de dire que leur degré de combustibilité dépend ordinairement de la quantité de soufre qu'ils contiennent. Tous les minéraux combustibles tirent donc originairement cette propriété, ou du mélange des parties animales et végétales qui sont incorporées avec eux, ou des particules de lumière, de chaleur et d'air, qui, par le laps de temps, se sont fixées dans leur intérieur. Rien, selon moi, n'est combustible que ce qui a été formé par une chaleur douce, c'est-à-dire, par ces mêmes élémens combinés dans toutes les substances que le soleil éclaire et vivifie*, ou dans celles

* Voici une observation qui semble démontrer que la lumière a plus d'affinité avec les substances combustibles qu'avec toutes les autres matières. On sait que la puissance réfractive des corps transparens est proportionnelle à leur densité : le verre, plus dense que l'eau, a proportionnellement une plus grande force réfringente ; et en augmentant la densité du

que la chaleur intérieure de la terre fomente et réunit.

C'est cette chaleur intérieure du globe de

verre et de l'eau, l'on augmente à mesure leur force de réfraction. Cette proportion s'observe dans toutes les matières transparentes, et qui sont en même temps incombustibles. Mais les matières inflammables, telles que l'esprit-de-vin, les huiles transparentes, l'ambre, etc. ont une puissance réfringente plus grande que les autres; en sorte que l'attraction que ces matières exercent sur la lumière, et qui provient de leur masse ou densité, est considérablement augmentée par l'affinité particulière qu'elles ont avec la lumière. Si cela n'étoit pas, leur force réfringente seroit, comme celle de toutes les autres matières, proportionnelle à leur densité; mais les matières inflammables attirent plus puissamment la lumière, et ce n'est que par cette raison qu'elles ont plus de puissance réfractive que les autres. Le diamant même ne fait pas une exception à cette loi; on doit le mettre au nombre des matières combustibles, on le brûle au miroir ardent. Il a avec la lumière autant d'affinité que les matières inflammables, car sa puissance réfringente est plus grande qu'elle ne devroit l'être à proportion de sa densité. Il a en même temps la propriété de s'imbiber de la lumière et de la conserver assez long-temps; les phénomènes de sa réfraction doivent tenir en partie à ces propriétés.

la terre que l'on doit regarder comme le vrai feu élémentaire ; et il faut le distinguer de celui du soleil, qui ne nous parvient qu'avec la lumière, tandis que l'autre, quoique bien plus considérable, n'est ordinairement que sous la forme d'une chaleur obscure, et que ce n'est que dans quelques circonstances, comme celles de l'électricité, qu'il prend de la lumière. Nous avons déja dit que cette chaleur, observée pendant un grand nombre d'années de suite, est trois ou quatre cents fois plus grande en hiver, et vingt-neuf fois plus grande en été dans notre climat, que la chaleur qui nous vient du soleil. C'est une vérité qui peut paroître singulière, mais qui n'en est pas moins évidemment démontrée. Comme nous en avons parlé disertement, nous nous contenterons de remarquer ici que cette chaleur constante et toujours subsistante entre comme élément dans toutes les combinaisons des autres élémens, et qu'elle est plus que suffisante pour produire sur l'air les mêmes effets que le feu actuel ou la chaleur animale ; que par conséquent cette chaleur intérieure de la terre détruira l'élasticité de l'air et le fixera toutes

les fois qu'étant divisé en parties très-petites, il se trouvera saisi par cette chaleur dans le sein de la terre; que, sous cette nouvelle forme, il entrera, comme partie fixe, dans un grand nombre de substances, lesquelles contiendront dès lors des particules d'air fixe et de chaleur fixe, qui sont les premiers principes de la combustibilité : mais ils se trouveront en plus ou moins grande quantité dans les différentes substances, selon le degré d'affinité qu'ils auront avec elles; et ce degré dépendra beaucoup de la quantité que ces substances contiendront de parties animales et végétales, qui paroissent être la base de toute matière combustible. Si elles y sont abondamment répandues ou foiblement incorporées, on pourra toujours les dégager de ces substances par le moyen de la combustion. La plupart des minéraux métalliques, et même des métaux, contiennent une assez grande quantité de parties combustibles; le zinc, l'antimoine, le fer, le cuivre, etc. brûlent et produisent une flamme évidente et très-vive, tant que dure la combustion de ces parties inflammables qu'ils contiennent : après quoi, si on continue le

feu, la combustion finie, commence la calcination, pendant laquelle il rentre dans ces matières de nouvelles parties d'air et de chaleur qui s'y fixent, et qu'on ne peut en dégager qu'en leur présentant quelque matière combustible avec laquelle ces parties d'air et de chaleur fixes ont plus d'affinité qu'avec celles du minéral, auxquelles en effet elles ne sont unies que par force, c'est-à-dire, par l'effort de la calcination. Il me semble que la conversion des substances métalliques en chaux, et leur réduction, pourront maintenant être très-clairement entendues, sans qu'il soit besoin de recourir à des principes secondaires, ou à des hypothèses arbitraires, pour leur explication. La réduction, comme je l'ai déja insinué, n'est, dans le réel, qu'une seconde combustion, par laquelle on dégage les parties d'air et de chaleur fixes que la calcination avoit forcées d'entrer dans le métal et de s'unir à sa substance fixe, à laquelle on rend en même temps les parties volatiles et combustibles que la première action du feu lui avoit enlevées.

Après avoir présenté le grand rôle que l'air fixe joue dans les opérations les plus

secrètes de la nature, considérons-le pendant quelques instans, lorsque, sous la forme élastique, il réside dans les corps : ses effets sont alors aussi variables que les degrés de son élasticité ; son action, quoique toujours la même, semble donner des produits différens dans les substances différentes. Pour en ramener la considération à un point de vue général, nous le comparerons avec l'eau et la terre, comme nous l'avons déja comparé avec le feu ; les résultats de cette comparaison entre les quatre élémens s'appliqueront ensuite aisément à toutes les substances, de quelque nature qu'elles puissent être, puisque toutes ne sont composées que de ces quatre principes réels.

Le plus grand froid connu ne peut détruire le ressort de l'air, et la moindre chaleur suffit pour cet effet, sur-tout lorsque ce fluide est divisé en parties très-petites. Mais il faut observer qu'entre son état de fixité et celui de sa pleine élasticité, il y a toutes les nuances des états moyens, et que c'est presque toujours dans quelques uns de ces états moyens qu'il réside dans la terre et dans l'eau, ainsi que dans toutes les substances

qui en sont composées ; par exemple, on ne pourra pas douter que l'eau, qui nous paroît une substance si simple, ne contienne une certaine quantité d'air qui n'est ni fixe ni élastique, mais entre la fixité et l'élasticité, si l'on fait attention aux différens phénomènes qu'elle nous présente dans sa congélation, dans son ébullition, dans sa résistance à toute compression, etc. : car la physique expérimentale nous démontre que l'eau est incompressible ; au lieu de s'affaisser et de rentrer en elle-même lorsqu'on la force par la presse, elle passe à travers les vaisseaux les plus solides et les plus épais. Or si l'air qu'elle contient en assez grande quantité y étoit dans son état de pleine élasticité, l'eau seroit compressible en raison de cette quantité d'air élastique qu'elle contiendroit et qui se comprimeroit. Donc l'air contenu dans l'eau n'y est pas simplement mêlé et n'y conserve pas sa forme élastique, mais y est plus intimement uni dans un état où son ressort ne s'exerce plus d'une manière sensible ; et néanmoins ce ressort n'y est pas entièrement détruit : car si l'on expose l'eau à la congélation, on voit cet air sortir de son intérieur et se réunir à sa

surface en bulles élastiques. Ceci seul suffiroit pour prouver que l'air n'est pas contenu dans l'eau sous sa forme ordinaire, puisqu'étant spécifiquement huit cent cinquante fois plus léger, il seroit forcé d'en sortir par la seule nécessité de la prépondérance de l'eau. Il est donc évident que l'air contenu dans l'eau n'y est pas dans son état ordinaire, c'est-à-dire, de pleine élasticité; et en même temps il est démontré que cet état dans lequel il réside dans l'eau n'est pas celui de sa plus grande fixité, où son ressort, absolument détruit, ne peut se rétablir que par la combustion, puisque la chaleur ou le froid peuvent également le rétablir; il suffit de faire chauffer ou geler de l'eau pour que l'air qu'elle contient reprenne son élasticité et s'élève en bulles sensibles à sa surface : il s'en dégage de même lorsque l'eau cesse d'être pressée par le poids de l'atmosphère sous le récipient de la machine pneumatique. Il n'est donc pas contenu dans l'eau sous une forme fixe, mais seulement dans un état moyen où il peut aisément reprendre son ressort : il n'est pas simplement mêlé dans l'eau, puisqu'il ne peut y résider sous sa forme élastique; mais

aussi il ne lui est pas intimement uni sous sa forme fixe, puisqu'il s'en sépare plus aisément que de toute autre matière.

On pourra m'objecter avec raison que le froid et le chaud n'ont jamais opéré de la même façon ; que si l'une de ces causes rend à l'air son élasticité, l'autre doit la détruire; et j'avoue que, pour l'ordinaire, le froid et le chaud produisent des effets différens : mais dans la substance particulière que nous considérons, ces deux causes, quoiqu'opposées, produisent le même effet ; on pourra le concevoir aisément en faisant attention à la chose même et au rapport de ses circonstances. L'on sait que l'eau, soit gelée, soit bouillie, reprend l'air qu'elle avoit perdu dès qu'elle se liquéfie ou qu'elle se refroidit. Le degré d'affinité de l'air avec l'eau dépend donc en grande partie de celui de sa température ; ce degré, dans son état de liquidité, est à peu près le même que celui de la chaleur générale à la surface de la terre : l'air, avec lequel elle a beaucoup d'affinité, la pénètre aussitôt qu'il est divisé en parties très-ténues, et le degré de la chaleur élémentaire et générale suffit pour affoiblir le

ressort de ces petites parties, au point de le rendre sans effet, tant que l'eau conserve cette température; mais si le froid vient à la pénétrer, ou, pour parler plus précisément, si ce degré de chaleur nécessaire à cet état de l'air vient à diminuer, alors son ressort, qui n'est pas entièrement détruit, se rétablira par le froid, et l'on verra les bulles élastiques s'élever à la surface de l'eau prête à se congeler. Si au contraire l'on augmente le degré de la température de l'eau par une chaleur extérieure, on en divise trop les parties intégrantes, on les rend volatiles, et l'air, qui ne leur étoit que foiblement uni, s'élève et s'échappe avec elles : car il faut se rappeler que quoique l'eau prise en masse soit incompressible et sans aucun ressort, elle est très-élastique dès qu'elle est divisée ou réduite en petites parties; et en ceci elle paroît être d'une nature contraire à celle de l'air, qui n'est compressible qu'en masse, et qui perd son ressort dès qu'il est trop divisé. Néanmoins l'air et l'eau ont beaucoup plus de rapports entre eux que de propriétés opposées; et comme je suis très-persuadé que toute la matière est convertible, et que les

quatre élémens peuvent se transformer, je serois porté à croire que l'eau peut se changer en air lorsqu'elle est assez raréfiée pour s'élever en vapeurs ; car le ressort de la vapeur de l'eau est aussi et même plus puissant que le ressort de l'air : on voit le prodigieux effet de cette puissance dans les pompes à feu; on voit la terrible explosion qu'elle produit lorsqu'on laisse tomber du métal fondu sur quelques gouttes d'eau ; et si l'on ne veut pas convenir avec moi que l'eau puisse, dans cet état de vapeurs, se transformer en air, on ne pourra du moins nier qu'elle n'en ait alors les principales propriétés.

L'expérience m'a même appris que la vapeur de l'eau peut entretenir et augmenter le feu comme le fait l'air ordinaire; et cet air, que nous pourrions regarder comme pur, est toujours mêlé avec une très-grande quantité d'eau : mais il faut remarquer, comme chose importante, que la proportion du mélange n'est pas, à beaucoup près, la même dans ces deux élémens. L'on peut dire en général qu'il y a beaucoup moins d'air dans l'eau que d'eau dans l'air; seulement il faut

considérer qu'il y a deux unités très-différentes, auxquelles on pourroit rapporter les termes de cette proportion : ces deux unités sont le volume et la masse. Si on estime la quantité d'air contenue dans l'eau par le volume, elle paroîtra nulle, puisque le volume de l'eau n'en est point du tout augmenté : et de même l'air plus ou moins humide ne nous paroît pas changer de volume; cela n'arrive que quand il est plus ou moins chaud. Ainsi ce n'est point au volume qu'il faut rapporter cette proportion; c'est à la masse seule, c'est-à-dire, à la quantité réelle de matière dans l'un et l'autre de ces deux élémens, qu'on doit comparer celle de leur mélange; et l'on verra que l'air est beaucoup plus *aqueux* que l'eau n'est *aérienne*, peut-être dans la proportion de la masse, c'est-à-dire, huit cent cinquante fois davantage. Quoi qu'il en soit de cette estimation, qui est peut-être ou trop forte ou trop foible, nous pouvons en tirer l'induction que l'eau doit se changer plus aisément en air, que l'air ne peut se transformer en eau. Les parties de l'air, quoique susceptibles d'être extrêmement divisées, paroissent être plus

grosses que celles de l'eau, puisque celle-ci passe à travers plusieurs filtres que l'air ne peut pénétrer; puisque, quand elle est raréfiée par la chaleur, son volume, quoique fort augmenté, n'est qu'égal, ou un peu plus grand que celui des parties de l'air à la surface de la terre, car les vapeurs de l'eau ne s'élèvent dans l'air qu'à une certaine hauteur; enfin, puisque l'air semble s'imbiber d'eau comme une éponge, la contenir en grande quantité, et que le contenant est nécessairement plus grand que le contenu. Au reste, l'air, qui s'imbibe si volontiers de l'eau, semble la rendre de même lorsqu'on lui présente des sels ou d'autres substances avec lesquelles l'eau a encore plus d'affinité qu'avec lui. L'effet que les chimistes appellent *défaillance*, et même celui des *efflorescences*, démontrent non seulement qu'il y a une très-grande quantité d'eau contenue dans l'air, mais encore que cette eau n'y est attachée que par une simple affinité, qui cède aisément à une affinité plus grande, et qui même cesse d'agir, sans être combattue ou balancée par aucune autre affinité, mais par la seule raréfaction de l'air, puisqu'il se

dégage de l'eau dès qu'elle cesse d'être pressée par le poids de l'atmosphère sous le récipient de la machine pneumatique.

Dans l'ordre de la conversion des élémens, il me semble que l'eau est pour l'air ce que l'air est pour le feu, et que toutes les transformations de la nature dépendent de celle-ci. L'air, comme aliment du feu, s'assimile avec lui, et se transforme en ce premier élément; l'eau, raréfiée par la chaleur, se transforme en une espèce d'air capable d'alimenter le feu comme l'air ordinaire. Ainsi le feu a un double fonds de subsistance assurée; s'il consomme beaucoup d'air, il peut aussi en produire beaucoup par la raréfaction de l'eau, et réparer ainsi dans la masse de l'atmosphère toute la quantité qu'il en détruit, tandis qu'ultérieurement il se convertit lui-même avec l'air en matière fixe dans les substances terrestres qu'il pénètre par sa chaleur ou par sa lumière.

Et de même que, d'une part, l'eau se convertit en air ou en vapeurs aussi volatiles que l'air par sa raréfaction, elle se convertit en une substance solide par une espèce de condensation différente des condensations

ordinaires. Tout fluide se raréfie par la chaleur, et se condense par le froid; l'eau suit elle-même cette loi commune, et se condense à mesure qu'elle refroidit : qu'on en remplisse un tube de verre jusqu'aux trois quarts, on la verra descendre à mesure que le froid augmente, et se condenser comme font tous les autres fluides; mais quelque temps avant l'instant de la congélation, on la verra remonter au-dessus du point des trois quarts de la hauteur du tube, et s'y renfler encore considérablement en se convertissant en glace: mais si le tube est bien bouché, et parfaitement en repos, l'eau continuera de baisser, et ne se gelera pas, quoique le degré de froid soit de 6, 8 ou 10 degrés au-dessous du terme de la glace, et l'eau ne gelera que quand on couvrira le tube ou qu'on le remuera. Il semble donc que la congélation nous présente d'une manière inverse les mêmes phénomènes que l'inflammation. Quelqu'intense, quelque grande que soit une chaleur renfermée dans un vaisseau bien clos, elle ne produira l'inflammation que quand elle touchera quelque matière enflammée; et de même, à quelque degré qu'un fluide soit refroidi, il

ne gelera pas sans toucher quelque substance déja gelée, et c'est ce qui arrive lorsqu'on remue ou débouche le tube ; les particules de l'eau qui sont gelées dans l'air extérieur ou dans l'air contenu dans le tube, viennent, lorsqu'on le débouche ou le remue, frapper la surface de l'eau, et lui communiquent leur glace. Dans l'inflammation, l'air, d'abord très-raréfié par la chaleur, perd de son volume et se fixe tout-à-coup; dans la congélation, l'eau, d'abord condensée par le froid, reprend plus de volume et se fixe de même : car la glace est une substance solide, plus légère que l'eau, et qui conserveroit sa solidité si le froid étoit toujours le même ; et je suis porté à croire qu'on viendroit à bout de fixer le mercure à un moindre degré de froid en le sublimant en vapeurs dans un air très-froid. Je suis de même très-porté à croire que l'eau, qui ne doit sa liquidité qu'à la chaleur, et qui la perd avec elle, deviendroit une substance d'autant plus solide et d'autant moins fusible, qu'elle éprouveroit plus fort et plus long-temps la rigueur du froid. On n'a pas fait assez d'expériences sur ce sujet important.

Mais sans nous arrêter à cette idée, c'est-à-dire, sans admettre ni sans exclure la possibilité de la conversion de la glace en matière infusible ou terre fixe et solide, passons à des vues plus étendues sur les moyens que la nature emploie pour la transformation de l'eau. Le plus puissant de tous et le plus évident est le filtre animal. Le corps des animaux à coquille, en se nourrissant des particules de l'eau, en travaille en même temps la substance au point de la dénaturer. La coquille est certainement une substance terrestre, une vraie pierre, dont toutes les pierres que les chimistes appellent *calcaires*, et plusieurs autres matières, tirent leur origine. Cette coquille paroît, à la vérité, faire partie constitutive de l'animal qu'elle couvre, puisqu'elle se perpétue par la génération, et qu'on la voit dans les petits coquillages qui viennent de naître, comme dans ceux qui ont pris tout leur accroissement; mais ce n'en est pas moins une substance terrestre, formée par la secrétion ou l'exsudation du corps de l'animal : on la voit s'agrandir, s'épaissir par anneaux et par couches à mesure qu'il prend de la croissance; et souvent

cette matière pierreuse excède cinquante ou soixante fois la masse ou matière réelle du corps de l'animal qui la produit. Qu'on se représente pour un instant le nombre des espèces de ces animaux à coquille, ou, pour les tous comprendre, de ces animaux à transsudation pierreuse; elles sont peut-être en plus grand nombre dans la mer que ne l'est sur la terre le nombre des espèces d'insectes: qu'on se représente ensuite leur prompt accroissement, leur prodigieuse multiplication, le peu de durée de leur vie, dont nous supposerons néanmoins le terme moyen à dix ans*; qu'ensuite on considère qu'il faut multiplier par cinquante ou soixante le nombre presque immense de tous les individus de ce genre, pour se faire une idée de toute la matière pierreuse produite en dix ans; qu'enfin

* La plus longue vie des escargots, ou gros limaçons terrestres, s'étend jusqu'à quatorze ans. On peut présumer que les gros coquillages de mer vivent plus long-temps: mais aussi les petits, et les très-petits, tels que ceux qui forment le corail, et tous les madrépores, vivent beaucoup moins de temps; et c'est par cette raison que j'ai pris le terme moyen à dix ans.

on considère que ce bloc déja si gros de matière pierreuse doit être augmenté d'autant de pareils blocs qu'il y a de fois dix dans tous les siècles qui se sont écoulés depuis le commencement du monde, et l'on se familiarisera avec cette idee, ou plutôt cette vérité d'abord repoussante, que toutes nos collines, tous nos rochers de pierre calcaire, de marbre, de craie, etc. ne viennent originairement que de la dépouille de ces petits animaux. On n'en pourra douter à l'inspection des matières mêmes, qui toutes contiennent encore des coquilles ou des détrimens de coquilles très-aisément reconnoissables.

Les pierres calcaires ne sont donc en très-grande partie que de l'eau et de l'air contenus dans l'eau, transformés par le filtre animal; les sels, les bitumes, les huiles, les graisses de la mer, n'entrent que pour peu ou pour rien dans la composition de la coquille : aussi la pierre calcaire ne contient-elle aucune de ces matières. Cette pierre n'est que de l'eau transformée, jointe à quelques petites portions de terre vitrifiable, et à une très-grande quantité d'air fixe qui s'en dégage par la calcination. Cette opération pro-

duit les mêmes effets sur les coquilles qu'on prend dans la mer que sur les pierres qu'on tire des carrières ; elles forment également de la chaux, dans laquelle on ne remarque d'autre différence que celle d'un peu plus ou d'un peu moins de qualité. La chaux faite avec des écailles d'huître ou d'autres coquilles est plus foible que la chaux faite avec du marbre ou de la pierre dure; mais le procédé de la nature est le même, les résultats de son opération les mêmes : les coquilles et les pierres perdent également près de moitié de leur poids par l'action du feu dans la calcination ; l'eau qui a conservé sa nature en sort la première; après quoi l'air fixe se dégage, et ensuite l'eau fixe dont ces substances pierreuses sont composées, reprend sa première nature et s'élève en vapeurs poussées et raréfiées par le feu ; il ne reste que les parties les plus fixes de cet air et de cette eau, qui peut-être sont si fort unies entre elles et à la petite quantité de terre fixe de la pierre, que le feu ne peut les séparer. La masse se trouve donc réduite de près de moitié, et se réduiroit peut-être encore plus si l'on donnoit un feu plus violent ; et ce qui me semble

prouver évidemment que cette matière chassée hors de la pierre par le feu n'est autre chose que de l'air et de l'eau, c'est la rapidité, l'avidité avec laquelle cette pierre calcinée reprend l'eau qu'on lui donne, et la force avec laquelle elle la tire de l'atmosphère lorsqu'on la lui refuse. La chaux, par son extinction ou dans l'air ou dans l'eau, reprend en grande partie la masse qu'elle avoit perdue par la calcination ; l'eau, avec l'air qu'elle contient, vient remplacer l'eau et l'air qu'elle contenoit précédemment : la pierre reprend dès lors sa première nature; car en mêlant sa chaux avec des détrimens d'autres pierres, on fait un mortier qui se durcit, et devient avec le temps une substance solide et pierreuse, comme celle dont on l'a composée.

Après cette exposition, je ne crois pas qu'on puisse douter de la transformation de l'eau en terre ou en pierre par l'intermède des coquilles. Voilà donc, d'une part, toutes les matières calcaires dont on doit rapporter l'origine aux animaux, et, d'autre part, toutes les matières combustibles qui ne proviennent que des substances animales ou

végétales : elles occupent ensemble un assez grand espace à la surface de la terre ; et l'on peut juger, par leur volume immense, combien la nature vivante a travaillé pour la nature morte, car ici le brut n'est que le mort.

Mais les matières calcaires et les substances combustibles, quelque grand qu'en soit le nombre, quelqu'immense que nous en paroisse le volume, ne font qu'une très-petite portion du globe de la terre, dont le fonds principal et la majeure et très-majeure quantité consiste en une matière de la nature du verre ; matière qu'on doit regarder comme l'élément terrestre, à l'exclusion de toutes les autres substances auxquelles elle sert de base comme terre, lorsqu'elles se forment par le moyen ou par le détriment des animaux, des végétaux, et par la transformation des autres élémens. Non seulement cette matière première, qui est la vraie terre élémentaire, sert de base à toutes les autres substances, et en constitue les parties fixes, mais elle est en même temps le terme ultérieur auquel on peut les ramener et les réduire toutes. Avant de présenter les moyens que la nature et

l'art peuvent employer pour opérer cette espèce de réduction de toute substance en verre, c'est-à-dire, en terre élémentaire, il est bon de rechercher si les moyens que nous avons indiqués sont les seuls par lesquels l'eau puisse se transformer en substance solide. Il me semble que le filtre animal la convertissant en pierre, le filtre végétal peut également la transformer, lorsque toutes les circonstances se trouvent être les mêmes : la chaleur propre des animaux à coquille étant un peu plus grande que celle des végétaux, et les organes de la vie plus puissans que ceux de la végétation, le végétal ne pourra produire qu'une petite quantité de pierres qu'on trouve assez souvent dans son fruit ; mais il peut convertir, et convertir réellement en sa substance, une grande quantité d'air, et une quantité encore plus grande d'eau : la terre fixe qu'il s'approprie, et qui sert de base à ces deux élémens, est en si petite quantité, qu'on peut assurer, sans craindre de se tromper, qu'elle ne fait pas la centième partie de sa masse ; dès lors le végétal n'est presque entièrement composé que d'air et d'eau transformés en bois ; subs-

tance solide qui se réduit ensuite en terre par la combustion ou la putréfaction. On doit dire la même chose des animaux; ils fixent et transforment non seulement l'air et l'eau, mais le feu, en plus grande quantité que les végétaux. Il me paroît donc que les fonctions des corps organisés sont l'un des plus puissans moyens que la nature emploie pour la conversion des élémens. On peut regarder chaque animal ou chaque végétal comme un petit centre particulier de chaleur ou de feu qui s'approprie l'air et l'eau qui l'environnent, se les assimile pour végéter, ou pour se nourrir et vivre des productions de la terre, qui ne sont elles-mêmes que de l'air et de l'eau précédemment fixés; il s'approprie en même temps une petite quantité de terre, et, recevant les impressions de la lumière et celles de la chaleur du soleil et du globe terrestre, il tourne en sa substance tous ces différens élémens, les travaille, les combine, les réunit, les oppose, jusqu'à ce qu'ils aient subi la forme nécessaire à son développement, c'est-à-dire, à l'entretien de la vie et de l'accroissement de l'organisation, dont le moule une fois donné

modèle toute la matière qu'il admet, et, de brute qu'elle étoit, la rend organisée.

L'eau, qui s'unit si volontiers avec l'air, et qui entre avec lui en si grande quantité dans les corps organisés, s'unit aussi de préférence avec quelques matières solides, telles que les sels; et c'est souvent par leur moyen qu'elle entre dans la composition des minéraux. Le sel, au premier coup d'œil, ne paroît être qu'une terre dissoluble dans l'eau, et d'une saveur piquante; mais les chimistes, en recherchant sa nature, ont très-bien reconnu qu'elle consiste principalement dans la réunion de ce qu'ils nomment le *principe terreux* et le *principe aqueux*. L'expérience de l'acide nitreux, qui ne laisse après sa combustion qu'un peu de terre et d'eau, leur a même fait penser que ce sel, et peut-être tous les autres sels, n'étoient absolument composés que de ces deux élémens : néanmoins il me paroît qu'on peut démontrer aisément que l'air et le feu entrent dans leur composition, puisque le nitre produit une grande quantité d'air dans la combustion, et que cet air fixe suppose du feu fixe qui s'en dégage en même temps; que d'ailleurs toutes

les explications qu'on donne de la dissolution ne peuvent se soutenir, à moins qu'elles n'admettent deux forces opposées, l'une attractive, et l'autre expansive, et par conséquent la présence des élémens de l'air et du feu, qui sont seuls doués de cette seconde force; qu'enfin ce seroit contre toute analogie que le sel ne se trouveroit composé que des deux élémens de la terre et de l'eau, tandis que toutes les autres substances sont composées des quatre élémens. Ainsi l'on ne doit pas prendre à la rigueur ce que les grands chimistes, MM. Stahl et Macquer, ont dit à ce sujet; les expériences de M. Hales démontrent que le vitriol et le sel marin contiennent beaucoup d'air fixe, que le nitre en contient encore beaucoup plus, et jusqu'à concurrence du huitième de son poids, et le sel de tartre encore plus. On peut donc assurer que l'air entre comme principe dans la composition de tous les sels, et que, comme il ne peut se fixer dans aucune substance qu'à l'aide de la chaleur ou du feu qui se fixent en même temps, ils doivent être comptés au nombre de leurs parties constitutives. Mais cela n'empêche pas que le sel ne doive aussi être

regardé comme la substance moyenne entre la terre et l'eau ; ces deux élémens entrent en proportion différente dans les différens sels ou substances salines, dont la variété et le nombre sont si grands, qu'on ne peut en faire l'énumération, mais qui, présentées généralement sous les dénominations d'acides et d'alcalis, nous montrent qu'en général il y a plus de terre et moins d'eau dans ces derniers sels, et au contraire plus d'eau et moins de terre dans les premiers.

Néanmoins l'eau, quoiqu'intimement mêlée dans les sels, n'y est ni fixée ni réunie par une force assez grande pour la transformer en matière solide, comme dans la pierre calcaire : elle réside dans le sel ou dans son acide sous sa forme primitive ; et l'acide le mieux concentré, le plus dépouillé d'eau, qu'on pourroit regarder ici comme de la terre liquide, ne doit cette liquidité qu'à la quantité de l'air et du feu qu'il contient : toute liquidité, et même toute fluidité, suppose la présence d'une certaine quantité de feu ; et quand on attribueroit celle des acides à un reste d'eau qu'on ne peut en séparer, quand même on pourroit les réduire tous sous une

forme concrète, il n'en seroit pas moins vrai que leurs saveurs, ainsi que les odeurs et les couleurs, ont toutes également pour principe celui de la force expansive, c'est-à-dire, la lumière et les émanations de la chaleur et du feu : car il n'y a que ces principes actifs qui puissent agir sur nos sens, et les affecter d'une manière différente et diversifiée, selon les vapeurs ou particules des différentes substances qu'ils nous apportent et nous présentent. C'est donc à ces principes qu'on doit rapporter non seulement la liquidité des acides, mais aussi leur saveur. Une expérience que j'ai eu occasion de faire un grand nombre de fois, m'a pleinement convaincu que l'alcali est produit par le feu ; la chaux faite à la manière ordinaire, et mise sur la langue, même avant d'être éteinte par l'air ou par l'eau, a une saveur qui indique déja la présence d'une certaine quantité d'alcali. Si l'on continue le feu, cette chaux, qui a subi une plus longue calcination, devient plus piquante sur la langue ; et celle que l'on tire des fourneaux de forges où la calcination dure cinq ou six mois de suite, l'est encore davantage. Or ce sel n'étoit pas con-

tenu dans la pierre avant sa calcination ; il augmente en force ou en quantité à mesure que le feu est appliqué plus violemment et plus long-temps à la pierre ; il est donc le produit immédiat du feu et de l'air, qui se sont incorporés dans sa substance pendant la calcination, et qui, par ce moyen, sont devenus parties fixes de cette pierre, de laquelle ils ont chassé la plus grande partie des molécules d'eau liquides et solides qu'elle contenoit auparavant. Cela seul me paroît suffisant pour prononcer que le feu est le principe de la formation de l'alcali minéral, et l'on doit en conclure, par analogie, que les autres alcalis doivent également leur formation à la chaleur constante de l'animal et du végétal dont on les tire.

A l'égard des acides, la démonstration de leur formation par le feu et l'air fixes, quoique moins immédiate que celle des alcalis, ne m'en paroît pas moins certaine : nous avons prouvé que le nitre et le phosphore tirent leur origine des matières végétales et animales, que le vitriol tire la sienne des pyrites, des soufres et des autres matières combustibles ; on sait d'ailleurs que ces acides,

soit vitrioliques, ou nitreux, ou phosphoriques, contiennent toujours une certaine quantité d'alcali : on doit donc rapporter leur formation et leur saveur au même principe, et, réduisant tous les acides à un seul acide, et tous les alcalis à un seul alcali, ramener tous les sels à une origine commune, et ne regarder leurs différentes saveurs et leurs propriétés particulières et diverses que comme le produit varié des différentes quantités de terre, d'eau, et sur-tout d'air et de feu fixes, qui sont entrées dans leur composition. Ceux qui contiendront le plus de ces principes actifs d'air et de feu, seront ceux qui auront le plus de puissance et le plus de saveur. J'entends par puissance, la force dont les sels nous paroissent animés pour dissoudre les autres substances : on sait que la dissolution suppose la fluidité; qu'elle ne s'opère jamais entre deux matières sèches ou solides, et que par conséquent elle suppose aussi dans le dissolvant le principe de la fluidité, c'est-à-dire, le feu : la puissance du dissolvant sera donc d'autant plus grande, que, d'une part, il contiendra ce principe actif en plus grande quantité, et que, d'autre

part, ses parties aqueuses et terreuses auront plus d'affinité avec les parties de même espèce contenues dans les substances à dissoudre ; et comme les degrés d'affinité dépendent absolument de la figure des parties intégrantes des corps, ils doivent, comme ces figures, varier à l'infini : on ne doit donc pas être surpris de l'action plus ou moins grande ou nulle de certains sels sur certaines substances, ni des effets contraires d'autres sels sur d'autres substances. Leur principe actif est le même, leur puissance pour dissoudre la même : mais elle demeure sans exercice, lorsque la substance qu'on lui présente repousse celle du dissolvant, ou n'a aucun degré d'affinité avec lui ; tandis qu'au contraire elle le saisit avidement toutes les fois qu'il se trouve assez de force d'affinité pour vaincre celle de la cohérence, c'est-à-dire, toutes les fois que les principes actifs contenus dans le dissolvant, sous la forme de l'air et du feu, se trouvent plus puissamment attirés par la puissance à dissoudre qu'ils ne le sont par la terre et l'eau qu'il contient ; car dès lors ces principes actifs s'en séparent, se développent et pénètrent la substance, qu'ils divisent

et décomposent au point de la rendre susceptible, par cette division, d'obéir en liberté à toutes les forces attractives de la terre et de l'eau contenues dans le dissolvant, et de s'unir avec elles assez intimement pour ne pouvoir en être séparées que par d'autres substances qui auroient avec ce même dissolvant un degré encore plus grand d'affinité. Newton est le premier qui ait donné les affinités pour causes des précipitations chimiques; Stahl adoptant cette idée l'a transmise à tous les chimistes, et il me paroît qu'elle est aujourd'hui universellement reçue comme une vérité dont on ne peut douter. Mais ni Newton ni Stahl ne se sont élevés au point de voir que toutes ces affinités, en apparence si différentes entre elles, ne sont au fond que les effets particuliers de la force générale de l'attraction universelle; et, faute de cette vue, leur théorie ne pouvoit être ni lumineuse ni complète, parce qu'ils étoient forcés de supposer autant de petites lois d'affinités différentes qu'il y avoit de phénomènes différens; au lieu qu'il n'y a réellement qu'une seule loi d'affinité, loi qui est exactement la même que celle de l'attraction

universelle, et que par conséquent l'explication de tous les phénomènes doit être déduite de cette seule et même cause.

Les sels concourent donc à plusieurs opérations de la nature par la puissance qu'ils ont de dissoudre les autres substances; car, quoiqu'on dise vulgairement que l'eau dissout le sel, il est aisé de sentir que c'est une erreur d'expression fondée sur ce qu'on appelle communément le liquide, le *dissolvant ;* et le solide, le *corps à dissoudre :* mais dans le réel, lorsqu'il y a dissolution, les deux corps sont actifs et peuvent être également appelés *dissolvans ;* seulement regardant le sel comme le dissolvant, le corps dissous peut être indifféremment ou liquide ou solide; et pourvu que les parties du sel soient assez divisées pour toucher immédiatement celles des autres substances, elles agiront et produiront tous les effets de la dissolution. On voit par-là combien l'action propre des sels et l'action de l'élément de l'eau qui les contient, doivent influer sur la composition des matières minérales. La nature peut produire par ce moyen tout ce que nos arts produisent par le moyen du feu : il ne faut que du temps pour que les

sels et l'eau opèrent sur les substances les plus compactes et les plus dures, la division la plus complète et l'atténuation la plus grande de leurs parties ; ce qui les rend alors susceptibles de toutes les combinaisons possibles et capables de s'unir avec toutes les substances analogues et de se séparer de toutes les autres. Mais ce temps, qui n'est rien pour la nature, et qui ne lui manque pas, est de toutes les choses nécessaires celle qui nous manque le plus ; c'est faute de temps que nous ne pouvons imiter ses procédés ni suivre sa marche : le plus grand de nos arts seroit donc l'art d'abréger le temps, c'est-à-dire, de faire en un jour ce qu'elle fait en un siècle. Quelque vaine que paroisse cette prétention, il ne faut pas y renoncer : nous n'avons, à la vérité, ni les grandes forces ni le temps encore plus grand de la nature ; mais nous avons au-dessus d'elle la liberté de les employer comme il nous plaît ; notre volonté est une force qui commande à toutes les autres forces, lorsque nous la dirigeons avec intelligence. Ne sommes-nous pas venus à bout de créer à notre usage l'élément du feu qu'elle nous avoit caché ? ne l'avons-nous pas tiré des rayons

qu'elle ne nous envoyoit que pour nous éclairer? n'avons-nous pas, par ce même élément, trouvé le moyen d'abréger le temps en divisant les corps par une fusion aussi prompte que leur division seroit lente par tout autre moyen? etc.

Mais cela ne doit pas nous faire perdre de vue que la nature ne puisse faire et ne fasse réellement, par le moyen de l'eau, tout ce que nous faisons par celui du feu. Pour le voir clairement, il faut considérer que la décomposition de toute substance ne pouvant se faire que par la division, plus cette division sera grande, et plus la décomposition sera complète. Le feu semble diviser, autant qu'il est possible, les matières qu'il met en fusion; cependant on peut douter si celles que l'eau et les acides tiennent en dissolution ne sont pas encore plus divisées: et les vapeurs que la chaleur élève, ne contiennent-elles pas des matières encore plus atténuées? Il se fait donc dans l'intérieur de la terre, au moyen de la chaleur qu'elle renferme et de l'eau qui s'y insinue, une infinité de sublimations, de distillations, de crystallisations, d'agrégations, de disjonc-

tions de toute espèce. Toutes les substances peuvent être, avec le temps, composées et décomposées par ces moyens ; l'eau peut les diviser et en atténuer les parties autant et plus que le feu lorsqu'il les fond ; et ces parties atténuées, divisées à ce point, se joindront, se réuniront de la même manière que celles du métal fondu se réunissent en se refroidissant. Pour nous faire mieux entendre, arrêtons-nous un instant sur la crystallisation : cet effet, dont les sels nous ont donné l'idée, ne s'opère jamais que quand une substance, étant dégagée de toute autre substance, se trouve très-divisée et soutenue par un fluide qui, n'ayant avec elle que peu ou point d'affinité, lui permet de se réunir et de former, en vertu de sa force d'attraction, des masses d'une figure à peu près semblable à la figure de ses parties primitives. Cette opération, qui suppose toutes les circonstances que je viens d'énoncer, peut se faire par l'intermède du feu aussi-bien que par celui de l'eau, et se fait très-souvent par le concours des deux, parce que tout cela ne suppose ou n'exige qu'une division assez grande de la matière pour que ses parties

primitives puissent, pour ainsi dire, se trier et former, en se réunissant, des corps figurés comme elles : or le feu peut tout aussi-bien, et mieux qu'aucun autre dissolvant, amener plusieurs substances à cet état, et l'observation nous le démontre dans les régules, dans les amiantes, les basaltes, et autres productions du feu, dont les figures sont régulières, et qui toutes doivent être regardées comme de vraies crystallisations.

Et ce degré de grande division, nécessaire à la crystallisation, n'est pas encore celui de la plus grande division possible ni réelle, puisque dans cet état les petites parties de la matière sont encore assez grosses pour constituer une masse qui, comme toutes les autres masses, n'obéit qu'à la seule force attractive, et dont les volumes, ne se touchant que par des points, ne peuvent acquérir la force répulsive qu'une beaucoup plus grande division ne manqueroit pas d'opérer par un contact plus immédiat ; et c'est aussi ce que l'on voit arriver dans les effervescences, où tout d'un coup la chaleur et la lumière sont produites par le mélange de deux liqueurs froides. Ce degré de division de la matière

est ici fort au-dessus du degré nécessaire à la crystallisation, et l'opération s'en fait aussi rapidement que l'autre s'exécute avec lenteur.

La lumière, la chaleur, le feu, l'air, l'eau, les sels, sont les degrés par lesquels nous venons de descendre du haut de l'échelle de la nature à sa base qui est la terre fixe; et ce sont en même temps les seuls principes qu'on doive admettre et combiner pour l'explication de tous les phénomènes. Ces principes sont réels, indépendans de toute hypothèse et de toute méthode; leur conversion, leur transformation est toute aussi réelle, puisqu'elle est démontrée par l'expérience. Il en est de même de l'élément de la terre : il peut se convertir en se volatilisant, et prendre la forme des autres élémens, comme ceux-ci prennent la sienne en se fixant. Mais de la même manière que les parties primitives du feu, de l'air ou de l'eau, ne formeront jamais seules des corps ou des masses qu'on puisse regarder comme du feu, de l'air ou de l'eau purs; de même il me paroît très-inutile de chercher dans les matières terrestres une substance de terre pure;

la fixité, l'homogénéité, l'éclat transparent du diamant a ébloui les yeux de nos chimistes lorsqu'ils ont donné cette pierre pour la terre élémentaire et pure ; on pourroit dire avec autant et aussi peu de fondement que c'est au contraire de l'eau pure, dont toutes les parties se sont fixées pour composer une substance solide diaphane comme elle. Ces idées n'auroient pas été mises en avant, si l'on eût pensé que l'élément terreux n'a pas plus le privilége de la simplicité absolue que les autres élémens ; que même, comme il est le plus fixe de tous, et par conséquent le plus constamment passif, il reçoit comme base toutes les impressions des autres : il les attire, les admet dans son sein, s'unit, s'incorpore avec eux, les suit et se laisse entraîner par leur mouvement ; et par conséquent il n'est ni plus simple ni moins convertible que les autres. Ce ne sont jamais que les grandes masses qu'il faut considérer lorsqu'on veut définir la nature. Les quatre élémens ont été bien saisis par les philosophes, même les plus anciens ; le soleil, l'atmosphère, la mer et la terre sont les grandes masses sur lesquelles ils les ont établis : s'il existoit un astre de

phlogistique, une atmosphère d'alcali, un océan d'acide, et des montagnes de diamant, on pourroit alors les regarder comme les principes généraux et réels de tous les corps; mais ce ne sont au contraire que des substances particulières, produites, comme toutes les autres, par la combinaison des véritables élémens.

Dans la grande masse de matière solide qui nous représente l'élément de la terre, la couche superficielle est la terre la moins pure : toutes les matières déposées par la mer en forme de sédimens, toutes les pierres produites par les animaux à coquille, toutes les substances composées par la combinaison des détrimens du règne animal et végétal, toutes celles qui ont été altérées par le feu des volcans, ou sublimées par la chaleur intérieure du globe, sont des substances mixtes et transformées ; et quoiqu'elles composent de très-grandes masses, elles ne nous représentent pas assez purement l'élément de la terre : ce sont les matières vitrifiables, dont la masse est mille et cent mille fois plus considérable que celles de toutes ces autres substances, qui doivent être regardées comme

le vrai fonds de cet élément; ce sont en même temps celles qui sont composées de la terre la plus fixe, celles qui sont les plus anciennes, et cependant les moins altérées; c'est de ce fonds commun que toutes les autres substances ont tiré la base de leur solidité; car toute matière fixe, décomposée autant qu'elle peut l'être, se réduit ultérieurement en verre par la seule action du feu; elle reprend sa première nature lorsqu'on la dégage des matières fluides ou volatiles qui s'y étoient unies; et ce verre ou matière vitrée qui compose la masse de notre globe, représente d'autant mieux l'élément de la terre, qu'il n'a ni couleur, ni odeur, ni saveur, ni liquidité, ni fluidité; qualités qui toutes proviennent des autres élémens ou leur appartiennent.

Si le verre n'est pas précisément l'élément de la terre, il en est au moins la substance la plus ancienne; les métaux sont plus récens et moins nobles; la plupart des autres minéraux se forment sous nos yeux: la nature ne produit plus de verre que dans les foyers particuliers de ses volcans, tandis que tous les jours elle forme d'autres substances par la combinaison du verre avec les autres élé-

mens. Si nous voulons nous former une idée juste de ces procédés dans la formation des minéraux, il faut d'abord remonter à l'origine de la formation du globe, qui nous démontre qu'il a été fondu, liquéfié par le feu; considérer ensuite que de ce degré immense de chaleur il a passé successivement au degré de sa chaleur actuelle; que, dans les premiers momens où sa surface a commencé de prendre de la consistance, il a dû s'y former des inégalités, telles que nous en voyons sur la surface des matières fondues et refroidies; que les plus hautes montagnes, toutes composées de matières vitrifiables, existent et datent de ce moment, qui est aussi celui de la séparation des grandes masses de l'air, de l'eau et de la terre; qu'ensuite pendant le long espace de temps que suppose le refroidissement, ou, si l'on veut, la diminution de la chaleur du globe au point de la température actuelle, il s'est fait dans ces mêmes montagnes, qui étoient les parties les plus exposées à l'action des causes extérieures, une infinité de fusions, de sublimations, d'agrégations et de transformations de toute espèce par le feu de la terre, combiné avec la cha-

leur du soleil, et toutes les autres causes que cette grande chaleur rendoit plus actives qu'elles ne le sont aujourd'hui ; que par conséquent on doit rapporter à cette date la formation des métaux et des minéraux que nous trouvons en grandes masses et en filons épais et continus. Le feu violent de la terre embrasée, après avoir élevé et réduit en vapeurs tout ce qui étoit volatil, après avoir chassé de son intérieur les matières qui composent l'atmosphère et les mers, a dû sublimer en même temps toutes les parties les moins fixes de la terre, les élever et les déposer dans tous les espaces vides, dans toutes les fentes qui se formoient à la surface à mesure qu'elle se refroidissoit. Voilà l'origine et la gradation du gisement et de la formation des matières vitrifiables, qui toutes forment le noyau des plus grandes montagnes et renferment dans leurs fentes toutes les mines des métaux et des autres matières que le feu a pu diviser, fondre et sublimer. Après ce premier établissement encore subsistant des matières vitrifiables et des minéraux en grande masse qu'on ne peut attribuer qu'à l'action du feu, l'eau, qui jusqu'alors ne formoit avec

l'air qu'un vaste volume de vapeurs, commença de prendre son état actuel dès que la superficie du globe fut assez refroidie pour ne la plus repousser et dissiper en vapeurs : elle se rassembla donc et couvrit la plus grande partie de la surface terrestre, sur laquelle se trouvant agitée par un mouvement continuel de flux et de reflux, par l'action des vents, par celle de la chaleur, elle commença d'agir sur les ouvrages du feu; elle altéra peu à peu la superficie des matières vitrifiables; elle en transporta les débris, les déposa en forme de sédimens; elle put nourrir les animaux à coquille; elle ramassa leurs dépouilles, produisit les pierres calcaires, en forma des collines et des montagnes, qui, se desséchant ensuite, reçurent dans leurs fentes toutes les matières minérales qu'elle pouvoit dissoudre ou charier.

Pour établir une théorie générale sur la formation des minéraux, il faut donc commencer par distinguer avec la plus grande attention, 1.° ceux qui ont été produits par le feu primitif de la terre, lorsqu'elle étoit encore brûlante de chaleur; 2.° ceux qui ont été formés du détriment des premiers par le

moyen de l'eau ; et 3.° ceux qui, dans les volcans ou dans d'autres incendies postérieurs au feu primitif, ont une seconde fois subi l'épreuve d'une violente chaleur. Ces trois objets sont très-distincts, et comprennent tout le règne minéral : en ne les perdant pas de vue, et y rapportant chaque substance minérale, on ne pourra guère se tromper sur son origine et même sur les degrés de sa formation. Toutes les mines que l'on trouve en masses ou gros filons dans nos hautes montagnes, doivent se rapporter à la sublimation du feu primitif : toutes celles au contraire que l'on trouve en petites ramifications, en filets, en végétations, n'ont été formées que du détriment des premières, entraîné par la stillation des eaux. On le voit évidemment en comparant, par exemple, la matière des mines de fer de Suède avec celle de nos mines de fer en grains. Celles-ci sont l'ouvrage immédiat de l'eau, et nous les voyons se former sous nos yeux ; elles ne sont point attirables par l'aimant ; elles ne contiennent point de soufre, et ne se trouvent que dispersées dans les terres : les autres sont toutes plus ou moins sulfureuses, toutes

attirables par l'aimant, ce qui seul suppose qu'elles ont subi l'action du feu; elles sont disposées en grandes masses dures et solides; leur substance est mêlée d'une grande quantité d'asbeste, autre indice de l'action du feu. Il en est de même des autres métaux : leur ancien fonds vient du feu, et toutes leurs grandes masses ont été réunies par son action; mais toutes leurs crystallisations, végétations, granulations, etc. sont dues à des causes secondaires où l'eau a la plus grande part. Je borne ici mes réflexions sur la conversion des élémens, parce que ce seroit anticiper sur celles qu'exige en particulier chaque substance minérale, et qu'elles seront mieux placées dans les articles de l'histoire naturelle des minéraux.

RÉFLEXIONS

SUR LA LOI DE L'ATTRACTION.

Le mouvement des planètes dans leurs orbites est un mouvement composé de deux forces : la première est une force de projection, dont l'effet s'exerceroit dans la tangente de l'orbite, si l'effet continu de la seconde cessoit un instant ; cette seconde force tend vers le Soleil, et, par son effet, précipiteroit les planètes vers le Soleil, si la première force venoit à son tour à cesser un seul instant.

La première de ces forces peut être regardée comme une impulsion dont l'effet est uniforme et constant, et qui a été communiquée aux planètes dès la formation du système planétaire. La seconde peut être considérée comme une attraction vers le Soleil, et se doit mesurer comme toutes les qualités qui partent d'un centre, par la raison inverse du quarré de la distance, comme en

effet on mesure les quantités de lumière, d'odeur, etc. et toutes les autres quantités ou qualités qui se propagent en ligne droite et se rapportent à un centre. Or il est certain que l'attraction se propage en ligne droite, puisqu'il n'y a rien de plus droit qu'un fil à plomb, et que, tombant perpendiculairement à la surface de la Terre, il tend directement au centre de la force, et ne s'éloigne que très-peu de la direction du rayon au centre. Donc on peut dire que la loi de l'attraction doit être la raison inverse du quarré de la distance, uniquement parce qu'elle part d'un centre, ou qu'elle y tend, ce qui revient au même.

Mais comme ce raisonnement préliminaire, quelque bien fondé que je le croie, pourroit être contredit par les gens qui font peu de cas de la force des analogies, et qui ne sont accoutumés à se rendre qu'à des démonstrations mathématiques, Newton a cru qu'il valoit beaucoup mieux établir la loi de l'attraction par les phénomènes mêmes que par toute autre voie; et il a en effet démontré géométriquement que si plusieurs corps se meuvent dans des cercles concentriques,

et que les quarrés des temps de leurs révolutions soient comme les cubes de leurs distances à leur centre commun, les forces centripètes de ces corps sont réciproquement comme les quarrés des distances, et que si les corps se meuvent dans des orbites peu différentes d'un cercle, ces forces sont aussi réciproquement comme les quarrés des distances, pourvu que les apsides de ces orbites soient immobiles. Ainsi les forces par lesquelles les planètes tendent aux centres ou aux foyers de leurs orbites, suivent en effet la loi du quarré de la distance; et la gravitation étant générale et universelle, la loi de cette gravitation est constamment celle de la raison inverse du quarré de la distance; et je ne crois pas que personne doute de la loi de Kepler, et qu'on puisse nier que cela ne soit ainsi pour Mercure, pour Vénus, pour la Terre, pour Mars, pour Jupiter et pour Saturne, sur-tout en les considérant à part, et comme ne pouvant se troubler les uns les autres, et en ne faisant attention qu'à leur mouvement autour du Soleil.

Toutes les fois donc qu'on ne considérera qu'une planète ou qu'un satellite, se mou-

vant dans son orbite autour du Soleil ou d'une autre planète, ou qu'on n'aura que deux corps tous deux en mouvement, ou dont l'un est en repos et l'autre en mouvement, on pourra assurer que la loi de l'attraction suit exactement la raison inverse du quarré de la distance, puisque, par toutes les observations, la loi de Kepler se trouve vraie, tant pour les planètes principales, que pour les satellites de Jupiter et de Saturne. Cependant on pourroit dès ici faire une objection tirée des mouvemens de la Lune, qui sont irréguliers au point que M. Halley l'appelle *sidus contumax*, et principalement du mouvement de ses apsides, qui ne sont pas immobiles, comme le demande la supposition géométrique sur laquelle est fondé le résultat qu'on a trouvé de la raison inverse du quarré de la distance pour la mesure de la force d'attraction dans les planètes.

A cela il y a plusieurs manières de répondre. D'abord on pourroit dire que la loi s'observant généralement dans toutes les autres planètes avec exactitude, un seul phénomène où cette même exactitude ne se

trouve pas, ne doit pas détruire cette loi; on peut le regarder comme une exception dont on doit chercher la raison particulière. En second lieu, on pourroit répondre, comme l'a fait M. Cotes, que quand même on accorderoit que la loi d'attraction n'est pas exactement dans ce cas en raison inverse du quarré de la distance, et que cette raison est un peu plus grande, cette différence peut s'estimer par le calcul, et qu'on trouvera qu'elle est presque insensible, puisque la raison de la force centripète de la Lune, qui de toutes est celle qui doit être la plus troublée, approche soixante fois plus près de la raison du quarré que de la raison du cube de la distance. *Responderi potest, etiamsi concedamus hunc motum tardissimun exinde profectum quòd vis centripetæ proportio aberret aliquantulùm à duplicata, aberrationem illam per computum mathematicum inveniri posse, et planè insensibilem esse : ista enim ratio vis centripetæ Lunaris, quæ omnium maximè turbari debet, paululùm quidem duplicatam superabit ; ad hanc verò sexaginta ferè vicibus propiùs accedet quàm ad triplicatam. Sed verior erit responsio, etc.*

(Editoris præf. in edit. 2am Newton. *auctore Roger Cotes.*)

Et en troisième lieu, on doit répondre plus positivement que ce mouvement des apsides ne vient point de ce que la loi d'attraction est un peu plus grande que dans la raison inverse du quarré de la distance, mais de ce qu'en effet le Soleil agit sur la Lune par une force d'attraction qui doit troubler son mouvement et produire celui des apsides, et que par conséquent cela seul pourroit bien être la cause qui empêche la Lune de suivre exactement la règle de Kepler. Newton a calculé, dans cette vue, les effets de cette force perturbatrice, et il a tiré de sa théorie les équations et les autres mouvemens de la Lune avec une telle précision, qu'ils répondent très-exactement, et à quelques secondes près, aux observations faites par les meilleurs astronomes : mais, pour ne parler que du mouvement des apsides, il fait sentir, dès la XLVme proposition du premier livre, que la progression de l'apogée de la Lune vient de l'action du Soleil ; en sorte que jusqu'ici tout s'accorde, et sa théorie se trouve aussi vraie et aussi exacte dans tous les cas les plus

compliqués, comme dans ceux qui le sont le moins.

Cependant un de nos grands géomètres* a prétendu que la quantité absolue du mouvement de l'apogée ne pouvoit pas se tirer de la théorie de la gravitation, telle qu'elle est établie par Newton, parce qu'en employant les lois de cette théorie, on trouve que ce mouvement ne devroit s'achever qu'en dix-huit ans, au lieu qu'il s'achève en neuf ans. Malgré l'autorité de cet habile mathématicien, et les raisons qu'il a données pour soutenir son opinion, j'ai toujours été convaincu, comme je le suis encore aujourd'hui, que la théorie de Newton s'accorde avec les observations : je n'entreprendrai pas ici de faire l'examen qui seroit nécessaire pour prouver qu'il n'est pas tombé dans l'erreur qu'on lui reproche; je trouve qu'il est plus court d'assurer la loi de l'attraction telle qu'elle est, et de faire voir que la loi que M. Clairaut a voulu substituer à celle de Newton, n'est qu'une supposition qui implique contradiction.

* M. Clairaut.

Car admettons pour un instant ce que M. Clairaut prétend avoir démontré, que, par la théorie de l'attraction mutuelle, le mouvement des apsides devroit se faire en dix-huit ans, au lieu de se faire en neuf ans, et souvenons-nous en même temps qu'à l'exception de ce phénomène, tous les autres, quelque compliqués qu'ils soient, s'accordent dans cette même théorie très-exactement avec les observations : à en juger d'abord par les probabilités, cette théorie doit subsister, puisqu'il y a un nombre très-considérable de choses où elle s'accorde parfaitement avec la nature; qu'il n'y a qu'un seul cas où elle en diffère, et qu'il est fort aisé de se tromper dans l'énumération des causes d'un seul phénomène particulier. Il me paroît donc que la première idée qui doit se présenter, est qu'il faut chercher la raison particulière de ce phénomène singulier ; et il me semble qu'on pourroit en imaginer quelqu'une : par exemple, si la force magnétique de la Terre pouvoit, comme le dit Newton, entrer dans le calcul, on trouveroit peut-être qu'elle influe sur le mouvement de la Lune, et qu'elle pourroit produire cette accélération dans le

mouvement de l'apogée ; et c'est dans ce cas où en effet il faudroit employer deux termes pour exprimer la mesure des forces qui produisent le mouvement de la Lune. Le premier terme de l'expression seroit toujours celui de la loi de l'attraction universelle, c'est-à-dire, la raison inverse et exacte du quarré de la distance, et le second terme représenteroit la mesure de la force magnétique.

Cette supposition est sans doute mieux fondée que celle de M. Clairaut, qui me paroît beaucoup plus hypothétique, et sujette d'ailleurs à des difficultés invincibles. Exprimer la loi d'attraction par deux ou plusieurs termes, ajouter à la raison inverse du quarré de la distance une fraction du quarré-quarré, au lieu de $\frac{1}{xx}$ mettre $\frac{1}{xx} + \frac{1}{mx4}$, me paroît n'être autre chose que d'ajuster une expression de telle façon qu'elle corresponde à tous les cas. Ce n'est plus une loi physique que cette expression représente ; car, en se permettant une fois de mettre un second, un troisième, un quatrième terme, etc. on pourroit trouver une expression qui, dans toutes les lois d'attraction, représenteroit les cas

dont il s'agit, en l'ajustant en même temps aux mouvemens de l'apogée de la Lune et aux autres phénomènes; et par conséquent cette supposition, si elle étoit admise, non seulement anéantiroit la loi de l'attraction en raison inverse du quarré de la distance, mais même donneroit entrée à toutes les lois possibles et imaginables. Une loi en physique n'est loi que parce que sa mesure est simple, et que l'échelle qui la représente est non seulement toujours la même, mais encore qu'elle est unique, et qu'elle ne peut être représentée par une autre échelle; or, toutes les fois que l'échelle d'une loi ne sera pas représentée par un seul terme, cette simplicité et cette unité d'échelle, qui fait l'essence de la loi, ne subsiste plus, et par conséquent il n'y a plus aucune loi physique.

Comme ce dernier raisonnement pourroit paroître n'être que de la métaphysique, et qu'il y a peu de gens qui la sachent apprécier, je vais tâcher de le rendre sensible en m'expliquant davantage. Je dis donc que toutes les fois qu'on voudra établir une loi sur l'augmentation ou la diminution d'une qualité ou d'une quantité physique, on est

strictement assujetti à n'employer qu'un terme pour exprimer cette loi : ce terme est la représentation de la mesure qui doit varier, comme en effet la quantité à mesurer varie; en sorte que si la quantité, n'étant d'abord qu'un pouce, devient ensuite un pied, une aune, une toise, une lieue, etc. le terme qui l'exprime devient successivement toutes ces choses, ou plutôt les représente dans le même ordre de grandeur; et il en est de même de toutes les autres raisons dans lesquelles une quantité peut varier.

De quelque façon que nous puissions donc supposer qu'une qualité physique puisse varier, comme cette qualité est une, sa variation sera simple et toujours exprimable par un seul terme, qui en sera la mesure; et, dès qu'on voudra employer deux termes, on détruira l'unité de la qualité physique, parce que ces deux termes représenteront deux variations différentes dans la même qualité, c'est-à-dire, deux qualités au lieu d'une. Deux termes sont en effet deux mesures, toutes deux variables et inégalement variables; et dès lors elles ne peuvent être appliquées à un sujet simple, à une seule qualité;

et si on admet deux termes pour représenter l'effet de la force centrale d'un astre, il est nécessaire d'avouer qu'au lieu d'une force il y en a deux, dont l'une sera relative au premier terme, et l'autre relative au second terme: d'où l'on voit évidemment qu'il faut, dans le cas présent, que M. Clairaut admette nécessairement une autre force différente de l'attraction, s'il emploie deux termes pour représenter l'effet total de la force centrale d'une planète.

Je ne sais pas comment on peut imaginer qu'une loi physique, telle qu'est celle de l'attraction, puisse être exprimée par deux termes par rapport aux distances; car s'il y avoit, par exemple, une masse *M* dont la vertu attractive fût exprimée par $\frac{aa}{xx} + \frac{b}{x4}$, n'en résulteroit-il pas le même effet que si cette masse étoit composée de deux matières différentes, comme, par exemple, de $\frac{1}{2}$ *M*, dont la loi d'attraction fût exprimée par $\frac{2aa}{xx}$, et de $\frac{1}{2}$ *M*, dont l'attraction fût $\frac{2b}{x4}$? cela me paroît absurde.

Mais, indépendamment de ces impossibilités qu'implique la supposition de M. Clai-

raut, qui détruit aussi l'unité de loi sur laquelle est fondée la vérité et la belle simplicité du systême du monde, cette supposition souffre bien d'autres difficultés que M. Clairaut devoit, ce me semble, se proposer avant que de l'admettre, et commencer au moins par examiner d'abord toutes les causes particulières qui pourroient produire le même effet. Je sens que si j'eusse resolu, comme M. Clairaut, le problême des trois corps, et que j'eusse trouvé que la théorie de la gravitation ne donne en effet que la moitié du mouvement de l'apogée, je n'en aurois pas tiré la conclusion qu'il en tire contre la loi de l'attraction; aussi est-ce cette conclusion que je contredis, et à laquelle je ne crois pas qu'on soit obligé de souscrire, quand même M. Clairaut auroit pu demontrer l'insuffisance de toutes les autres causes particulières.

Newton dit (pag. 547, t. III) : *In his computationibus attractionem magneticam Terræ non consideravi, cujus itaque quantitas perparva est et ignoratur; si quando verò hæc attractio investigari poterit, et mensura graduum in meridiano, ac longitudines pendu-*

lorum isochronorum in diversis parallelis, legesque motuum maris et parallaxis Lunæ cum diametris apparentibus Solis et Lunæ ex phœnomenis accuratiùs determinatæ fuerint, licebit calculum hunc omnem accuratiùs repetere. Ce passage ne prouve-t-il pas bien clairement que Newton n'a pas prétendu avoir fait l'énumération de toutes les causes particulières, et n'indique-t-il pas en effet que, si on trouve quelques différences avec sa théorie et les observations, cela peut venir de la force magnétique de la Terre, ou de quelque autre cause secondaire? et par conséquent, si le mouvement des apsides ne s'accorde pas aussi exactement avec sa théorie que le reste, faudra-t-il pour cela ruiner sa théorie par le fondement, en changeant la loi générale de la gravitation? ou plutôt ne faudra-t-il pas attribuer à d'autres causes cette différence, qui ne se trouve que dans ce seul phénomène? M. Clairaut a proposé une difficulté contre le système de Newton; mais ce n'est tout au plus qu'une difficulté qui ne doit ni ne peut devenir un principe : il faut chercher à la résoudre, et non pas en faire une théorie dont toutes les conséquences ne

sont appuyées que sur un calcul; car, comme je l'ai dit, on peut tout représenter avec un calcul, et on ne réalise rien; et si on se permet de mettre un ou plusieurs termes à la suite de l'expression d'une loi physique, comme l'est celle de l'attraction, on ne nous donne plus que de l'arbitraire, au lieu de nous représenter la réalité.

Au reste, il me suffit d'avoir établi les raisons qui me font rejeter la supposition de M. Clairaut; celles que j'ai de croire que, bien loin qu'il ait pu donner atteinte à la loi de l'attraction et renverser l'astronomie physique, elle me paroît, au contraire, demeurer dans toute sa vigueur, et avoir des forces pour aller encore bien loin; et cela, sans que je prétende avoir dit, à beaucoup près, tout ce qu'on peut dire sur cette matière, à laquelle je desirerois qu'on donnât, sans prévention, toute l'attention qu'il faut pour la bien juger.

ADDITION.

Je me suis borné à démontrer que la loi de l'attraction, par rapport à la distance, ne peut être exprimée que par un terme, et

non pas deux ou plusieurs termes; que par conséquent l'expression que M. Clairaut a voulu substituer à la loi du quarré des distances, n'est qu'une supposition qui renferme une contradiction; c'est-là le seul point auquel je me suis attaché : mais, comme il paroît, par sa réponse, qu'il ne m'a pas assez entendu, je vais tâcher de rendre mes raisons plus intelligibles en les traduisant en calcul; ce sera la seule réplique que je ferai à sa réponse.

La loi de l'attraction, par rapport à la distance, ne peut pas être exprimée par deux termes.

PREMIÈRE DÉMONSTRATION.

SUPPOSONS que $\frac{1}{x^2} \pm \frac{1}{x^4}$ représente l'effet de cette force par rapport à la distance x; ou, ce qui revient au même, supposons que $\frac{1}{x^2} \pm \frac{1}{x^4}$, qui représente la force accélératrice, soit égale à une quantité donnée A pour une certaine distance : en résolvant cette équation, la racine x sera ou ima-

ginaire, ou bien elle aura deux valeurs différentes : donc, à différentes distances, l'attraction seroit la même, ce qui est absurde; donc la loi de l'attraction, par rapport à la distance, ne peut pas être exprimée par deux termes. *Ce qu'il falloit démontrer.*

DEUXIÈME DÉMONSTRATION.

La même expression $\frac{1}{x^2} \pm \frac{1}{x^4}$, si x devient très-grand, pourra se réduire à $\frac{1}{x^2}$, et si x devient très-petit, elle se réduira à $\pm \frac{1}{x^4}$, de sorte que si $\frac{1}{x^2} \pm \frac{1}{x^4} = \frac{1}{x^2}$, l'exposant n doit être un nombre compris entre 2 et 4; cependant ce même exposant n doit nécessairement renfermer x, puisque la quantité d'attraction doit, de façon ou d'autre, être mesurée par la distance : cette expression prendra donc alors une forme comme $\frac{1}{x^2} \pm \frac{1}{x^4} = \frac{1}{x^2}$ ou $= \frac{1}{x+r}$; donc une quantité, qui doit être nécessairement un nombre compris entre 2 et 4, pourroit cependant devenir infinie, ce qui est absurde;

donc l'attraction ne peut pas être exprimée par deux termes. *Ce qu'il falloit démontrer.*

On voit que les démonstrations seroient les mêmes contre toutes les expressions possibles qui seroient composées de plusieurs termes : donc la loi d'attraction ne peut être exprimée que par un seul terme.

SECONDE ADDITION.

Je ne voulois rien ajouter à ce que j'ai dit au sujet de la loi de l'attraction, ni faire aucune réponse au nouvel écrit de M. Clairaut : mais comme je crois qu'il est utile pour les sciences d'établir d'une manière certaine la proposition que j'ai avancée, savoir, que la loi de l'attraction, et même toute autre loi physique, ne peut jamais être exprimée que par un seul terme, et qu'une nouvelle vérité de cette espèce peut prévenir un grand nombre d'erreurs et de fausses applications dans les sciences physico-mathématiques, j'ai cherché plusieurs moyens de la démontrer.

On a vu, dans mon mémoire, les raisons métaphysiques par lesquelles j'établis que la mesure d'une qualité physique et générale

dans la nature est toujours simple ; que la loi qui représente cette mesure, ne peut donc jamais être composée ; qu'elle n'est réellement que l'expression de l'effet simple d'une qualité simple ; que l'on ne peut donc exprimer cette loi par deux termes, parce qu'une qualité qui est une, ne peut jamais avoir deux mesures. Ensuite, *dans l'addition à ce Mémoire*, j'ai prouvé démonstrativement cette même vérité par la réduction à l'absurde et par le calcul : ma démonstration est vraie ; car il est certain en général que si l'on exprime la loi de l'attraction par une fonction de la distance, et que cette fonction soit composée de deux ou plusieurs termes, comme $\frac{1}{x^m} \pm \frac{1}{x^{12}} \pm \frac{1}{x^r}$, etc. et que l'on égale cette fonction à une quantité constante A pour une certaine distance ; il est certain, dis-je, qu'en résolvant cette équation, la racine x aura des valeurs imaginaires dans tous les cas, et aussi des valeurs réelles, différentes dans presque tous les cas, et que ce n'est que dans quelques cas, comme dans celui de $\frac{1}{x^2} + \frac{1}{x^4} = A$, où il y aura deux racines réelles égales, dont l'une sera posi-

tive et l'autre négative. Cette exception particulière ne détruit donc pas la vérité de ma démonstration, qui est pour une fonction quelconque; car si en général l'expression de la loi d'attraction est $\frac{1}{xx} + m\,x^n$, l'exposant n ne peut pas être négatif et plus grand que 2, puisqu'alors la pesanteur deviendroit infinie dans le point de contact : l'exposant n est donc nécessairement positif, et le coefficient m doit être négatif pour faire avancer l'apogée de la Lune; par conséquent le cas particulier $\frac{1}{xx} + \frac{1}{x^4}$ ne peut jamais représenter la loi de la pesanteur; et si on se permet une fois d'exprimer cette loi par une fonction de deux termes, pourquoi le second de ces termes seroit-il nécessairement positif? Il y a, comme l'on voit, beaucoup de raisons pour que cela ne soit pas, et aucune raison pour que cela soit.

Dès le temps que M. Clairaut proposa, pour la première fois, de changer la loi de l'attraction et d'y ajouter un terme, j'avois senti l'absurdité qui résultoit de cette supposition, et j'avois fait mes efforts pour la faire sentir aux autres : mais j'ai depuis

trouvé une nouvelle manière de la démontrer, qui ne laissera, à ce que j'espère, aucun doute sur ce sujet important. Voici mon raisonnement, que j'ai abrégé autant qu'il m'a été possible.

Si la loi de l'attraction, ou telle autre loi physique que l'on voudra, pouvoit être exprimée par deux ou plusieurs termes, le premier terme étant, par exemple, $\frac{1}{xx}$, il seroit nécessaire que le second terme eût un coefficient indéterminé, et qu'il fût, par exemple, $\frac{1}{mx4}$; et de même, si cette loi étoit exprimée par trois termes, il y auroit deux coefficiens indéterminés, l'un au second, et l'autre au troisième terme, etc. Dès lors cette loi d'attraction, qui seroit exprimée par deux termes $\frac{1}{xx} + \frac{1}{mx4}$, renfermeroit donc une quantité m qui entreroit nécessairement dans la mesure de la force.

Or, je demande ce que c'est que ce coefficient m : il est clair qu'il ne dépend ni de la masse, ni de la distance; que ni l'une ni l'autre ne peuvent jamais donner sa

valeur : comment peut-on donc supposer qu'il y ait en effet une telle quantité physique? existe-t-il dans la nature un coefficient comme un 4, un 5, un 6, etc.? et n'y a-t-il pas de l'absurdité à supposer qu'un nombre puisse exister réellement, ou qu'un coefficient puisse être une qualité essentielle à la matière? Il faudroit pour cela qu'il y eût dans la nature des phénomènes purement numériques, et du même genre que ce coefficient *m*; sans cela, il est impossible d'en déterminer la valeur, puisqu'une quantité quelconque ne peut jamais être mesurée que par une autre quantité de même genre. Il faut donc que M. Clairaut commence par nous prouver que les nombres sont des êtres réels actuellement existans dans la nature, ou que les coefficiens sont des qualités physiques, s'il veut que nous convenions avec lui que la loi d'attraction, ou toute autre loi physique, puisse être exprimée par deux ou plusieurs termes.

Si l'on veut une démonstration plus particulière, je crois qu'on peut en donner une qui sera à la portée de tout le monde; c'est

que la loi de la raison inverse du quarré de la distance convient également à une sphère et à toutes les particules de matière dont cette sphère est composée. Le globe de la Terre exerce son attraction dans la raison inverse du quarré de la distance; et toutes les particules de matière dont ce globe est composé exercent aussi leur attraction dans cette même raison, comme Newton l'a démontré : mais si l'on exprime cette loi de l'attraction d'une sphère par deux termes, la loi de l'attraction des particules qui composent cette sphère ne sera point la même que celle de la sphère; par conséquent cette loi, composée de deux termes, ne sera pas générale, ou plutôt ne sera jamais la loi de la nature.

Les raisons métaphysiques, mathématiques et physiques, s'accordent donc toutes à prouver que la loi de l'attraction ne peut être exprimée que par un seul terme, et jamais par deux ou plusieurs termes; c'est la proposition que j'ai avancée, et que j'avois à démontrer.

INTRODUCTION

A

L'HISTOIRE DES MINÉRAUX.

PARTIE EXPÉRIMENTALE.

DEPUIS vingt-cinq ans que j'ai jeté sur le papier mes idées sur la théorie de la Terre, et sur la nature des matières minérales dont le globe est principalement composé, j'ai eu la satisfaction de voir cette théorie confirmée par le témoignage unanime des navigateurs, et par de nouvelles observations que j'ai eu soin de recueillir. Il m'est aussi venu, dans ce long espace de temps, quelques pensées neuves dont j'ai cherché à constater la valeur et la réalité par des expériences : de nouveaux faits acquis par ces expériences;

des rapports plus ou moins éloignés, tirés de ces mêmes faits; des réflexions en conséquence; le tout lié à mon systême général, et dirigé par une vue constante vers les grands objets de la nature; voilà ce que je crois devoir présenter aujourd'hui à mes lecteurs, sur-tout à ceux qui, m'ayant honoré de leur suffrage, aiment assez l'histoire naturelle pour chercher avec moi les moyens de l'étendre et de l'approfondir.

Je commencerai par la partie expérimentale de mon travail, parce que c'est sur les résultats de mes expériences que j'ai fondé tous mes raisonnemens, et que les idées même les plus conjecturales, et qui pourroient paroître trop hasardées, ne laissent pas d'y tenir par des rapports qui seront plus ou moins sensibles à des yeux plus ou moins attentifs, plus ou moins exercés, mais qui n'échapperont pas à l'esprit de ceux qui savent évaluer la force des inductions, et apprécier la valeur des analogies.

PREMIER MÉMOIRE.

Expériences sur le progrès de la chaleur dans les corps.

J'ai fait faire dix boulets de fer forgé et battu :

	pouces.
Le premier d'un demi-pouce de diamètre.	$\frac{1}{2}$.
Le second d'un pouce	1.
Le troisième d'un pouce et demi	1 $\frac{1}{2}$.
Le quatrième de deux pouces	2.
Le cinquième de deux pouces et demi . .	2 $\frac{1}{2}$.
Le sixième de trois pouces.	3.
Le septième de trois pouces et demi. . . .	3 $\frac{1}{2}$.
Le huitième de quatre pouces.	4.
Le neuvième de quatre pouces et demi. .	4 $\frac{1}{2}$.
Le dixième de cinq pouces	5.

Ce fer venoit de la forge de Chameçon, près Châtillon-sur-Seine; et comme tous les boulets ont été faits du fer de cette même forge, leurs poids se sont trouvés à très-peu près proportionnels aux volumes.

Le boulet d'un demi-pouce pesoit 190 grains, *ou* 2 gros 46 grains.

Le boulet d'un pouce pesoit 1522 grains, *ou* 2 onces 5 gros 10 grains.

Le boulet d'un pouce ½ pesoit 5136 grains, *ou* 8 onces 7 gros 24 grains.

Le boulet de 2 pouces pesoit 12173 grains, *ou* 1 livre 5 onces 1 gros 5 grains.

Le boulet de 2 pouces ½ pesoit 23781 grains, *ou* 2 livres 9 onces 2 gros 21 grains.

Le boulet de 3 pouces pesoit 41085 grains, *ou* 4 livres 7 onces 2 gros 45 grains.

Le boulet de 3 pouces ½ pesoit 65254 grains, *ou* 7 livres 1 once 2 gros 22 grains.

Le boulet de 4 pouces pesoit 97388 grains, *ou* 10 livres 9 onces 44 grains.

Le boulet de 4 pouces ½ pesoit 138179 grains, *ou* 14 livres 15 onces 7 gros 11 grains.

Le boulet de 5 pouces pesoit 190211 grains, *ou* 20 livres 10 onces 1 gros 59 grains.

Tous ces poids ont été pris juste avec de très-bonnes balances, en faisant limer peu à peu ceux des boulets qui se sont trouvés un peu trop forts.

Avant de rapporter les expériences, j'observerai :

1°. Que, pendant tout le temps qu'on les a faites, le thermomètre, exposé à l'air libre, étoit à la congélation ou à quelques degrés au-dessous *; mais qu'on a laissé refroidir les boulets dans une cave où le thermomètre étoit à peu près à dix degrés au-dessus de la congélation, c'est-à-dire au degré de la température des caves de l'Observatoire; et c'est ce degré que je prends ici pour celui de la température actuelle de la Terre.

2°. J'ai cherché à saisir deux instans dans le refroidissement : le premier où les boulets cessoient, de brûler, c'est-à-dire, le moment où on pouvoit les toucher et les tenir avec la main pendant une seconde, sans se brûler; le second temps de ce refroidissement étoit celui où les boulets se sont trouvés refroidis jusqu'au point de la température actuelle, c'est-à-dire, à dix degrés au-dessus de la congélation. Et pour connoître le moment de ce refroidissement jusqu'à la température actuelle, on s'est servi d'autres boulets de com-

* Division de Réaumur.

paraison de même matière et de mêmes diamètres, qui n'avoient pas été chauffés, et que l'on touchoit en même temps que ceux qui avoient été chauffés. Par cet attouchement immédiat et simultané de la main ou des deux mains sur les deux boulets, on pouvoit juger assez bien du moment où ces boulets étoient également froids : cette manière simple est non seulement plus aisée que le thermomètre, qu'il eût été difficile d'appliquer ici, mais elle est encore plus précise, parce qu'il ne s'agit que de juger de l'égalité et non pas de la proportion de la chaleur, et que nos sens sont meilleurs juges que les instrumens de tout ce qui est absolument égal ou parfaitement semblable. Au reste, il est plus aisé de reconnoître l'instant où les boulets cessent de brûler, que celui où ils se sont refroidis à la température actuelle, parce qu'une sensation vive est toujours plus précise qu'une sensation tempérée, attendu que la première nous affecte d'une manière plus forte.

3°. Comme le plus ou le moins de poli ou de brut sur le même corps fait beaucoup à la sensation du toucher, et qu'un corps poli

semble être plus froid s'il est froid, et plus chaud s'il est chaud, qu'un corps brut de même matière, quoiqu'ils le soient tous deux également, j'ai eu soin que les boulets froids fussent bruts et semblables à ceux qui avoient été chauffés, dont la surface étoit semée de petites éminences produites par l'action du feu.

EXPÉRIENCES.

I.

Le boulet d'un demi-pouce a été chauffé à blanc en 2 minutes.

Il s'est refroidi au point de le tenir dans la main en 12 minutes.

Refroidi au point de la température actuelle en 39 minutes.

II.

Le boulet d'un pouce a été chauffé à blanc en 5 minutes $\frac{1}{2}$.

Il s'est refroidi au point de le tenir dans la main en 35 minutes $\frac{1}{2}$.

Refroidi au point de la température actuelle en 1 heure 33 minutes.

III.

Le boulet d'un pouce et demi a été chauffé à blanc en 9 minutes.

Il s'est refroidi au point de le tenir dans la main en 58 minutes.

Refroidi au point de la température actuelle en 2 heures 25 minutes.

I V.

Le boulet de 2 pouces a été chauffé à blanc en 13 minutes.

Il s'est refroidi au point de le tenir dans la main en 1 heure 20 minutes.

Refroidi au point de la température actuelle en 3 heures 16 minutes.

V.

Le boulet de 2 pouces et demi a été chauffé à blanc en 16 minutes.

Il s'est refroidi au point de le tenir dans la main en 1 heure 42 minutes.

Refroidi au point de la température actuelle en 4 heures 30 minutes.

V I.

Le boulet de 3 pouces a été chauffé à blanc en 19 minutes $\frac{1}{2}$.

Il s'est refroidi au point de le tenir dans la main en 2 heures 7 minutes.

Refroidi au point de la température actuelle en 5 heures 8 minutes.

V I I.

Le boulet de 3 pouces et demi a été chauffé à blanc en 23 minutes $\frac{1}{2}$.

Il s'est refroidi au point de le tenir dans la main en 2 heures 36 minutes.

Refroidi au point de la température actuelle en 5 heures 56 minutes.

VIII.

Le boulet de 4 pouces a été chauffé à blanc en 27 minutes ½.

Il s'est refroidi au point de le tenir dans la main en 3 heures 2 minutes.

Refroidi au point de la température actuelle en 6 heures 55 minutes.

IX.

Le boulet de 4 pouces et demi a été chauffé à blanc en 31 minutes.

Il s'est refroidi au point de le tenir dans la main en 3 heures 25 minutes.

Refroidi au point de la température actuelle en 7 heures 46 minutes.

X.

Le boulet de 5 pouces a été chauffé à blanc en 34 minutes.

Il s'est refroidi au point de le tenir dans la main en 3 heures 52 minutes.

Refroidi au point de la température actuelle en 8 heures 42 minutes.

La différence la plus constante que l'on puisse prendre entre chacun des termes qui

exprîment le temps du refroidissement, depuis l'instant où l'on tire les boulets du feu, jusqu'à celui où on peut les toucher sans se brûler, se trouve être de vingt-quatre minutes; car, en supposant chaque terme augmenté de vingt-quatre, on aura 12′, 36′, 60′, 84′, 108′, 132′, 156′, 180′, 204′, 228′.

Et la suite des temps réels de ces refroidissemens, trouvés par les expériences précédentes, est 12′, 35′ $\frac{1}{2}$, 58′, 80′, 102′, 127′, 156′, 182′, 205′, 232′; ce qui approche de la première autant que l'expérience peut approcher du calcul.

De même la différence la plus constante que l'on puisse prendre entre chacun des termes du refroidissement jusqu'à la température actuelle, se trouve être de 54 minutes; car, en supposant chaque terme augmenté de 54, on aura 39′, 93′, 147′, 201′, 255′, 309′, 363′, 417′, 471′, 525′.

Et la suite des temps réels de ce refroidissement, trouvés par les expériences précédentes, est 39′, 93′, 145′, 196′, 248′, 308′, 356′, 415′, 466′, 522′; ce qui approche aussi beaucoup de la première suite supposée.

J'ai fait une seconde et une troisième fois les mêmes expériences sur les mêmes boulets; mais j'ai vu que je ne pouvois compter que sur les premières, parce que je me suis apperçu qu'à chaque fois qu'on chauffoit les boulets, ils perdoient considérablement de leur poids; car

Le boulet d'un demi-pouce, après avoir été chauffé trois fois, avoit perdu environ la dix-huitième partie de son poids.

Le boulet d'un pouce, après avoir été chauffé trois fois, avoit perdu environ la seizième partie de son poids.

Le boulet d'un pouce et demi, après avoir été chauffé trois fois, avoit perdu la quinzième partie de son poids.

Le boulet de deux pouces, après avoir été chauffé trois fois, avoit perdu à peu près la quatorzième partie de son poids.

Le boulet de deux pouces et demi, après avoir été chauffé trois fois, avoit perdu à peu près la treizième partie de son poids.

Le boulet de trois pouces, après avoir été chauffé trois fois, avoit perdu à peu près la treizième partie de son poids.

Le boulet de trois pouces et demi, après avoir

été chauffé trois fois, avoit perdu encore un peu plus de la treizième partie de son poids.

Le boulet de quatre pouces, après avoir été chauffé trois fois, avoit perdu la douzième partie et demie de son poids.

Le boulet de quatre pouces et demi, après avoir été chauffé trois fois, avoit perdu un peu plus de la douzième partie et demie de son poids.

Le boulet de cinq pouces, après avoir été chauffé trois fois, avoit perdu à très-peu près la douzième partie de son poids; car il pesoit, avant d'avoir été chauffé, vingt livres dix onces un gros cinquante-neuf grains *.

On voit que cette perte sur chacun des boulets est extrêmement considérable, et qu'elle paroît aller en augmentant, à mesure que les boulets sont plus gros; ce qui vient, à ce que je présume, de ce que l'on est obligé d'appliquer le feu violent d'autant plus long-temps que les corps sont plus

* Je n'ai pas eu occasion de faire les mêmes expériences sur des boulets de fonte de fer; mais M. de Montbeillard, lieutenant-colonel du régiment Royal-Artillerie, m'a communiqué la note suivante qui y supplée parfaitement. On a pesé plusieurs boulets, avant de les chauffer, qui se sont trouvés du poids de vingt-sept livres et plus. Après l'opération,

grands : mais, en tout, cette perte de poids non seulement est occasionnée par le détachement des parties de la surface qui se réduisent en scories, et qui tombent dans le feu, mais encore par une espèce de dessèchement ou de calcination intérieure qui diminue la pesanteur des parties constituantes du fer; en sorte qu'il paroît que le feu violent rend le fer spécifiquement plus léger à chaque fois qu'on le chauffe. Au reste, j'ai trouvé, par des expériences ultérieures, que cette diminution de pesanteur varie beaucoup, selon la différente qualité du fer.

Ayant donc fait faire six nouveaux boulets, depuis un demi-pouce jusqu'à trois pouces de diamètre, et du même poids que les premiers, j'ai trouvé les mêmes progressions tant pour l'entrée que pour la sortie de la chaleur, et je me suis assuré que le fer s'é-

ils ont été réduits à vingt-quatre livres et un quart et vingt-quatre livres et demie. On a vérifié sur une grande quantité de boulets, que plus on les a chauffés, et plus ils ont augmenté de volume et diminué de poids; enfin sur quarante mille boulets chauffés et râpés pour les réduire au calibre des canons, on a perdu dix mille, c'est-à-dire un quart; en sorte qu'à tous égards cette pratique est mauvaise.

chauffe et se refroidit en effet comme je viens de l'exposer.

Un passage de Newton a donné naissance à ces expériences.

Globus ferri candentis, digitum unum latus, calorem suum omnem spatio horæ unius, in aëre consistens, vix amitteret. Globus autem major calorem diutiùs conservaret in ratione diametri, propterea quòd superficies (ad cujus mensuram per contactum aëris ambientis refrigeratur) in illà ratione minor est pro quantitate materiæ suæ calidæ inclusæ; ideoque globus ferri candentis huic terræ æqualis, id est, pedes plus minùs 40000000 *latus, diebus totidem et idcirco annis* 50000, *vix refrigesceret. Suspicor tamen quòd duratio caloris ob causas latentes augeatur in minori ratione quàm eâ diametri; et optarim rationem veram per experimenta investigari.*

Newton desiroit donc qu'on fît les expériences que je viens d'exposer; et je me suis déterminé à les tenter, non seulement parce que j'en avois besoin pour des vues semblables aux siennes, mais encore parce que j'ai cru m'appercevoir que ce grand homme pouvoit s'être trompé en disant que la durée

de la chaleur devoit n'augmenter, par l'effet des causes cachées, qu'en *moindre* raison que celle du diamètre : il m'a paru au contraire, en y réfléchissant, que ces causes cachées ne pouvoient que rendre cette raison plus grande au lieu de la faire plus petite.

Il est certain, comme dit Newton, qu'un globe plus grand conserveroit sa chaleur plus long-temps qu'un plus petit, en raison du diamètre, si on supposoit ces globes composés d'une matière parfaitement perméable à la chaleur, en sorte que la sortie de la chaleur fût absolument libre, et que les particules ignées ne trouvassent aucun obstacle qui pût les arrêter ni changer le cours de leur direction. Ce n'est que dans cette supposition mathématique que la durée de la chaleur seroit en effet en raison du diamètre; mais les causes cachées dont parle Newton, et dont les principales sont les obstacles qui résultent de la perméabilité non absolue, imparfaite et inégale de toute matière solide, au lieu de diminuer le temps de la durée de la chaleur, doivent au contraire l'augmenter. Cela m'a paru si clair, même avant d'avoir tenté mes expériences, que je serois porté à croire

que Newton, qui voyoit clair aussi jusque dans les choses mêmes qu'il ne faisoit que soupçonner, n'est pas tombé dans cette erreur, et que le mot *minori ratione* au lieu de *majori* n'est qu'une faute de sa main ou de celle d'un copiste, qui s'est glissée dans toutes les éditions de son ouvrage, du moins dans toutes celles que j'ai pu consulter. Ma conjecture est d'autant mieux fondée, que Newton paroît dire ailleurs précisément le contraire de ce qu'il dit ici; c'est dans la onzième question de son *Traité d'optique:* « Les corps d'un grand volume, dit-il, ne « conservent-ils pas plus long-temps (ce mot « *plus long-temps* ne peut signifier ici qu'*en* « *raison plus grande que celle du diamètre*) « leur chaleur, parce que leurs parties s'é- « chauffent réciproquement ? et un corps « vaste, dense et fixe, étant une fois échauffé « au-delà d'un certain degré, ne peut-il pas « jeter de la lumière en telle abondance, que « par l'émission et la réaction de sa lumière, « par les reflexions et les réfractions de ses « rayons au dedans de ses pores, il devienne « toujours plus chaud, jusqu'à ce qu'il par- « vienne à un certain degré de chaleur qui

« égale la chaleur du soleil? et le soleil et les « étoiles fixes, ne sont-ce pas de vastes terres « violemment échauffées, dont la chaleur se « conserve par la grosseur de ces corps, et par « l'action et la réaction réciproques entre eux « et la lumière qu'ils jettent, leurs parties « étant d'ailleurs empêchées de s'evaporer « en fumée, non seulement par leur fixité, « mais encore par le vaste poids et la grande « densité des atmosphères, qui, pesant de « tous côtés, les compriment très-fortement, « et condensent les vapeurs et les exhalai- « sons qui s'élèvent de ces corps-là ? »

Par ce passage, on voit que Newton non seulement est ici de mon avis sur la durée de la chaleur, qu'il suppose en raison plus grande que celle du diamètre, mais encore qu'il rencherit beaucoup sur cette augmentation, en disant qu'un grand corps, par cela même qu'il est grand, peut augmenter sa chaleur.

Quoi qu'il en soit, l'expérience a pleinement confirmé ma pensée. La durée de la chaleur, ou, si l'on veut, le temps employé au refroidissement du fer, n'est point en plus *petite*, mais en plus *grande* raison que

celle du diamètre; il n'y a, pour s'en assurer, qu'à comparer les progressions suivantes.

DIAMÈTRES.

1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 demi-pouces.

Temps du premier refroidissement, supposes en raison du diamètre : 12′, 24′, 36′, 48′, 60′, 72′, 84′, 96′, 108′, 120′.

Temps réels de ce refroidissement, trouvés par l'expérience : 12′, 35′ ½, 58′, 80′, 102′, 127′, 156′, 182′, 205′, 232′.

Temps du second refroidissement, supposés en raison du diamètre : 39′, 78′, 117′, 156′, 195′, 234′, 273′, 312′, 351′, 390′.

Temps réels de ce second refroidissement, trouves par l'experience : 39′, 93′, 145′, 196′, 248′, 308′, 356′, 415′, 466′, 522′.

On voit, en comparant ces progressions terme a terme, que dans tous les cas la durée de la chaleur non seulement n'est pas en raison plus petite que celle du diamètre (comme il est ecrit dans Newton), mais qu'au contraire cette durée est en raison considerablement plus grande.

Le docteur Martine, qui a fait un bon ouvrage sur les thermomètres, rapporte ce passage de Newton, et il dit qu'il avoit commencé de faire quelques expériences qu'il se proposoit de pousser plus loin; qu'il croit que l'opinion de Newton est conforme à la vérité, et que les corps semblables conservent en effet la chaleur dans la proportion de leurs diamètres; mais que quant au doute que Newton forme, si, dans les grands corps, cette proportion n'est pas moindre que celle des diamètres, il ne le croit pas suffisamment fondé. Le docteur Martine avoit raison à cet égard; mais en même temps il avoit tort de croire, d'après Newton, que tous les corps semblables, solides ou fluides, conservent leur chaleur en raison de leurs diamètres. Il rapporte, à la vérité, des expériences faites avec de l'eau dans des vases de porcelaine, par lesquelles il trouve que les temps du refroidissement de l'eau sont presque proportionnels aux diamètres des vases qui la contiennent: mais nous venons de voir que c'est par cette raison même que, dans les corps solides, la chose se passe différemment; car l'eau doit être regardée comme une matière

presque entièrement perméable à la chaleur, puisque c'est un fluide homogène, et qu'aucune de ses parties ne peut faire obstacle à la circulation de la chaleur. Ainsi, quoique les expériences du docteur Martine donnent à peu près la raison du diamètre pour le refroidissement de l'eau, on ne doit en rien conclure pour le refroidissement des corps solides.

Maintenant, si l'on vouloit chercher avec Newton combien il faudroit de temps à un globe gros comme la Terre pour se refroidir, on trouveroit, d'après les expériences précédentes, qu'au lieu de cinquante mille ans qu'il assigne pour le temps du refroidissement de la Terre jusqu'à la température actuelle, il faudroit déja quarante-deux mille neuf cent soixante-quatre ans et deux cent vingt-un jours pour la refroidir seulement jusqu'au point où elle cesseroit de brûler, et quatre-vingt-seize mille six cent soixante-dix ans et cent trente-deux jours pour la refroidir à la température actuelle.

Car la suite des diamètres des globes étant 1, 2, 3, 4, 5..... *N* demi-pouces, celle des temps du refroidissement, jusqu'à pou-

voir toucher les globes sans se brûler, sera 12, 36, 60, 84, 108...... 24 N—12 min. et le diamètre de la Terre étant de 2865 lieues, de 25 au degré, ou de 6537930 toises de 6 pieds.

En faisant la lieue de 2282 toises, ou de 39227580 pieds, ou de 941461920 demi-pouces, nous avons N=941461920 demi-pouces; et 24 N — 12 = 22595086068 min. c'est-à-dire, quarante-deux mille neuf cent soixante-quatre ans et deux cent vingt-un jours pour le temps nécessaire au refroidissement d'un globe gros comme la Terre, seulement jusqu'au point de pouvoir le toucher sans se brûler.

Et de même la suite des temps du refroidissement jusqu'à la température actuelle, sera 39′, 93′, 147′, 201′, 255′........ 54 N—15′.

Et comme N est toujours =941461920 demi-pouces, nous aurons 54 N—15= 50838943662 minutes, c'est-à-dire, quatre-vingt-seize mille six cent soixante-dix ans et cent trente-deux jours pour le temps nécessaire au refroidissement d'un globe gros comme la Terre, au point de la température actuelle.

Seulement on pourroit croire que celui du refroidissement de la Terre devroit encore être considérablement augmenté, parce que l'on imagine que le refroidissement ne s'opère que par le contact de l'air, et qu'il y a une grande différence entre le temps du refroidissement dans l'air et le temps du refroidissement dans le vide · et comme l'on doit supposer que la terre et l'air se seroient en même temps refroidis dans le vide, on dira qu'il faut faire état de ce surplus de temps : mais il est aisé de faire voir que cette différence est très-peu considérable; car, quoique la densité du milieu dans lequel un corps se refroidit, fasse quelque chose sur la durée du refroidissement, cet effet est bien moindre qu'on ne pourroit l'imaginer, puisque dans le mercure, qui est onze mille fois plus dense que l'air, il ne faut, pour refroidir les corps qu'on y plonge, qu'environ neuf fois autant de temps qu'il en faut pour produire le même refroidissement dans l'air.

La principale cause du refroidissement n'est donc pas le contact du milieu ambiant, mais la force expansive qui anime les parties de la chaleur et du feu, qui les chasse hors

des corps où elles résident, et les pousse directement du centre à la circonférence.

En comparant, dans les expériences précédentes, les temps employés à chauffer les globes de fer avec les temps nécessaires pour les refroidir, on verra qu'il faut environ la sixième partie et demie du temps pour les chauffer à blanc de ce qu'il en faut pour les refroidir au point de pouvoir les tenir à la main, et environ la quinzième partie et demie du temps qu'il faut pour les refroidir au point de la température actuelle *; en sorte qu'il y a encore une très-grande correction à faire dans le texte de Newton, sur l'estime qu'il fait de la chaleur que le Soleil a communiquée à la comète de 1680; car cette comète n'ayant été exposée à la violente chaleur

* Le boulet d'un pouce et celui d'un demi-pouce sur-tout ont été chauffés en bien moins de temps, et ne suivent point cette proportion de quinze et demi à un, et c'est par la raison qu'étant très-petits et placés dans un grand feu, la chaleur les pénétroit, pour ainsi dire, tout-à-coup; mais, à commencer par les boulets d'un pouce et demi de diamètre, la proportion que j'établis ici se trouve assez exacte pour qu'on puisse y compter.

du Soleil que pendant un petit temps, elle n'a pu la recevoir qu'en proportion de ce temps, et non pas en entier, comme Newton paroît le supposer dans le passage que je vais rapporter.

Est calor Solis ut radiorum densitas, hoc est reciprocè ut quadratum distantiæ locorum à Sole; ideoque, cùm distantia cometæ à centro Solis decemb. 8, *ubi in perihelio versabatur, esset ad distantiam Terræ à centro Solis ut* 6 *ad* 1000 *circiter, calor Solis apud cometam eo tempore erat ad calorem Solis æstivi apud nos ut* 1000000 *ad* 36, *seu* 28000 *ad* 1. *Sed calor aquæ ebullientis est quasi triplò major quàm calor quem terra arida concipit ad æstivum Solem, ut expertus sum, etc. Calor ferri candentis (si rectè conjector) quasi triplò vel quadruplò major quàm calor aquæ ebullientis; ideoque calor quem terra arida apud cometam in perihelio versantem ex radiis solaribus concipere posset, quasi* 2000 *vicibus major quàm calor ferri candentis. Tanto autem calore vapores et exhalationes, omnisque materia volatilis, statim consumi ac dissipari debuissent.*

Cometa igitur in perihelio suo calorem

immensum ad Solem concepit et calorem illum diutissimè conservare potest.

Je remarquerai d'abord que Newton fait ici la chaleur du fer rougi beaucoup moindre qu'elle n'est en effet, et qu'il le dit lui-même dans un mémoire qui a pour titre, *Échelle de la chaleur*, et qu'il a publie dans les *Transactions philosophiques* de 1701, c'est-à-dire, plusieurs annees après la publication de son livre des *Principes*. On voit dans ce mémoire, qui est excellent, et qui renferme le germe de toutes les idées sur lesquelles on a depuis construit les thermomètres; on y voit, dis-je, que Newton, après des experiences très-exactes, fait la chaleur de l'eau bouillante trois fois plus grande que celle du Soleil d'eté; celle de l'etain fondant, six fois plus grande; celle du plomb fondant, huit fois plus grande; celle du regule fondant, douze fois plus grande; et celle d'un feu de cheminée ordinaire, seize ou dix-sept fois plus grande que celle du Soleil d'eté: et de là on ne peut s'empêcher de conclure que la chaleur du fer rougi à blanc ne soit encore bien plus grande, puisqu'il faut un feu constamment animé par le soufflet pour

chauffer le fer à ce point. Newton paroît lui-même le sentir, et donner à entendre que cette chaleur du fer rougi paroît être sept ou huit fois plus grande que celle de l'eau bouillante. Ainsi il faut, suivant Newton lui-même, changer trois mots au passage précédent, et lire : *Calor ferri candentis est quasi triplò (septuplò) vel quadruplò (octuplò) major quàm calor aquæ ebullientis; ideoque calor apud cometam in perihelio versantem quasi* 2000 (1000) *vicibus major quàm calor ferri candentis.* Cela diminue de moitié la chaleur de cette comète, comparée à celle du fer rougi à blanc.

Mais cette diminution, qui n'est que relative, n'est rien en elle-même, ni rien en comparaison de la diminution réelle et très-grande qui résulte de notre première considération; il faudroit, pour que la comète eût reçu cette chaleur mille fois plus grande que celle du fer rougi, qu'elle eût séjourné pendant un temps très-long dans le voisinage du Soleil, au lieu qu'elle n'a fait que passer très-rapidement, sur-tout à la plus petite distance, sur laquelle seule néanmoins Newton établit son calcul de comparaison. Elle étoit,

le 8 décembre 1680, à $\frac{6}{1000}$ de la distance de la Terre au centre du Soleil; mais la veille ou le lendemain, c'est-à-dire vingt-quatre heures avant et vingt-quatre heures après, elle étoit déja à une distance six fois plus grande, et où la chaleur étoit par conséquent trente-six fois moindre.

Si l'on vouloit donc connoître la quantité de cette chaleur communiquée à la comète par le Soleil, voici comment on pourroit faire cette estimation assez juste, et en faire en même temps la comparaison avec celle du fer ardent, au moyen de mes expériences.

Nous supposerons comme un fait, que cette comète a employé six cent soixante-six heures à descendre du point où elle étoit encore éloignée du Soleil d'une distance égale à celle de la Terre à cet astre, auquel point la comète recevoit par conséquent une chaleur égale à celle que la Terre reçoit du Soleil, et que je prends ici pour l'unité : nous supposerons de même que la comète a employé six cent soixante-six autres heures à remonter du point le plus bas de son périhélie à cette même distance; et, supposant aussi son mouvement uniforme, on verra que la comète

étant au point le plus bas de son périhélie, c'est-à-dire à $\frac{6}{1000}$ de distance de la Terre au Soleil, la chaleur qu'elle a reçue dans ce moment étoit vingt-sept mille sept cent soixante-seize fois plus grande que celle que reçoit la Terre : en donnant à ce moment une durée de 80 minutes, savoir, 40 minutes en descendant, et 40 minutes en montant, on aura :

A 6 de distance, 27776 de chaleur pendant 80 minutes;

A 7 de distance, 20408 de chaleur aussi pendant 80 minutes;

A 8 de distance, 15625 de chaleur toujours pendant 80 minutes; et ainsi de suite jusqu'à la distance 1000, où la chaleur est 1. En sommant toutes les chaleurs à chaque distance, on trouvera 363410 pour le total de la chaleur que la comète a reçue du Soleil tant en descendant qu'en remontant, qu'il faut multiplier par le temps, c'est-à-dire par $\frac{4}{3}$ d'heure ; on aura donc 484547, qu'on divisera par 2000, qui représente la chaleur totale que la Terre a reçue dans ce même temps de 1332 heures, puisque la distance est toujours 1000, et la chaleur toujours = 1 : ainsi l'on aura 242 $\frac{547}{2000}$ pour la chaleur que

la comète a reçue de plus que la Terre pendant tout le temps de son périhélie, au lieu de 28000, comme Newton le suppose, parce qu'il ne prend que le point extrême, et ne fait nulle attention à la très-petite durée du temps.

Et encore faudroit-il diminuer cette chaleur 242 $\frac{547}{2000}$, parce que la comète parcouroit, par son accélération, d'autant plus de chemin dans le même temps qu'elle étoit près du Soleil.

Mais, en négligeant cette diminution, et en admettant que la comète a en effet reçu une chaleur à peu près deux cent quarante-deux fois plus grande que celle de notre Soleil d'été, et par conséquent 17 $\frac{2}{7}$ fois plus grande que celle du fer ardent, suivant l'estime de Newton, ou seulement dix fois plus grande, suivant la correction qu'il faut faire à cette estime, on doit supposer que, pour donner une chaleur dix fois plus grande que celle du fer rougi, il faudroit dix fois plus de temps, c'est-à-dire 13320 heures au lieu de 1332. Par conséquent on peut comparer à la comète un globe de fer qu'on auroit chauffé à un feu de forge pendant 13320

heures pour pouvoir le rougir à blanc.

Or on voit, par mes expériences, que la suite des temps nécessaires pour chauffer des globes dont les diamètres croissent, comme 1, 2, 3, 4, 5 .... n demi-pouces, est, à très-peu près, $2'$, $5' \frac{1}{2}$, $9'$, $12' \frac{1}{2}$, $16'$ ... $\frac{7n-3}{2}$ min.

On aura donc $\frac{7n-3}{2} = 799200$ minutes.

D'où l'on tirera $n = 228342$ demi-pouces.

Ainsi, avec le feu de forge, on ne pourroit chauffer à blanc en 799200 minutes ou 13320 heures qu'un globe dont le diamètre seroit de 228342 demi-pouces, et par conséquent il faudroit, pour que toute la masse de la comète soit chauffée au point du fer rougi à blanc pendant le peu de temps qu'elle a été exposée aux ardeurs du Soleil, qu'elle n'eût eu que 228342 demi-pouces de diamètre, et supposer encore qu'elle eût été frappée de tous côtés et en même temps par la lumière du Soleil : d'où il résulte que si on la suppose plus grande, il faut nécessairement supposer plus de temps dans la même raison de n à $\frac{7n-3}{2}$; en sorte, par exemple, que si l'on veut supposer la comète égale à la Terre, on

aura $n = 94146192$0 demi-pouces, et $\frac{7n-3}{2}$ $= 329511671$8 minutes, c'est-à-dire qu'au lieu de 13320 heures il en faudroit 54918612, ou, si l'on veut, au lieu d'un an 190 jours, il faudroit 6269 ans pour chauffer à blanc un globe gros comme la Terre; et, par la même raison, il faudroit que la comète, au lieu de n'avoir séjourné que 1332 heures ou 55 jours 12 heures dans tout son périhélie, y eût demeuré pendant 392 ans. Ainsi les comètes, lorsqu'elles approchent du Soleil, ne reçoivent pas une chaleur immense, ni très-long-temps durable, comme le dit Newton, et comme on seroit porté à le croire à la première vue : leur séjour est si court dans le voisinage de cet astre, que leur masse n'a pas le temps de s'échauffer, et qu'il n'y a guère que la partie de la surface, exposée au Soleil, qui soit brûlée par ces instans de chaleur extrême, laquelle en calcinant et volatilisant la matière de cette surface, la chasse au dehors en vapeurs et en poussière du côté opposé au Soleil; et ce qu'on appelle *la queue d'une comète*, n'est autre chose que la lumière même du Soleil rendue sensible, comme dans une chambre obscure, par ces

átomes que la chaleur pousse d'autant plus loin qu'elle est plus violente.

Mais une autre considération bien différente de celle-ci et encore plus importante, c'est que, pour appliquer le résultat de nos expériences et de notre calcul à la comète et à la Terre, il faut les supposer composées de matières qui demanderoient autant de temps que le fer pour se refroidir; tandis que, dans le réel, les matières principales dont le globe terrestre est composé, telles que les glaises, les grès, les pierres, etc., doivent se refroidir en bien moins de temps que le fer.

Pour me satisfaire sur cet objet, j'ai fait faire des globes de glaise et de grès; et les ayant fait chauffer à la même forge jusqu'à les faire rougir à blanc, j'ai trouvé que les boulets de glaise de deux pouces se sont refroidis au point de pouvoir les tenir dans la main en trente-huit minutes, ceux de deux pouces et demi en quarante-huit minutes, et ceux de trois pouces en soixante minutes; ce qui étant comparé avec le temps du refroidissement des boulets de fer de ces mêmes diamètres de deux pouces, deux pouces et demi, et trois pouces, donne les rapports

de 38 à 80 pour deux pouces, 48 à 102 pour deux pouces et demi, et 60 à 127 pour trois pouces, ce qui fait un peu moins de 1 à 2; en sorte que, pour le refroidissement de la glaise, il ne faut pas la moitié du temps qu'il faut pour celui du fer.

J'ai trouvé de même que les globes de grès de deux pouces se sont refroidis au point de les tenir dans la main en quarante-cinq minutes, ceux de deux pouces et demi en cinquante-huit minutes, et ceux de trois pouces en soixante-quinze minutes; ce qui étant comparé avec le temps du refroidissement des boulets de fer de ces mêmes diamètres, donne les rapports de 46 à 80 pour deux pouces, de 58 à 102 pour deux pouces et demi, et de 75 à 127 pour trois pouces, ce qui fait à très-peu près la raison de 9 à 5; en sorte que, pour le refroidissement du grès, il faut plus de la moitié du temps qu'il faut pour celui du fer.

J'observerai, au sujet de ces expériences, que les globes de glaise chauffés à feu blanc ont perdu de leur pesanteur encore plus que les boulets de fer, et jusqu'à la neuvième ou dixième partie de leur poids, au lieu que le

grès chauffé au même feu ne perd presque rien du tout de son poids, quoique toute la surface se couvre d'émail et se réduise en verre. Comme ce petit fait m'a paru singulier, j'ai répété l'expérience plusieurs fois, en faisant même pousser le feu et le continuer plus long-temps que pour le fer; et quoiqu'il ne fallût guère que le tiers du temps pour rougir le grès, de ce qu'il en falloit pour rougir le fer, je l'ai tenu à ce feu le double et le triple du temps pour voir s'il perdroit davantage, et je n'ai trouvé que de très-légères diminutions; car le globe de deux pouces, chauffé pendant huit minutes, qui pesoit sept onces deux gros trente grains avant d'être mis au feu, n'a perdu que quarante-un grains, ce qui ne fait pas la centième partie de son poids; celui de deux pouces et demi, qui pesoit quatorze onces deux gros huit grains, ayant été chauffé pendant douze minutes, n'a perdu que la cent cinquante-quatrième partie de son poids; et celui de trois pouces, qui pesoit vingt-quatre onces cinq gros treize grains, ayant été chauffé pendant dix-huit minutes, c'est-à-dire, à peu près autant que le fer, n'a perdu que

soixante-dix-huit grains, ce qui ne fait que la cent quatre-vingt-unième partie de son poids. Ces pertes sont si petites, qu'on pourroit les regarder comme nulles, et assurer en général que le grès pur ne perd rien de sa pesanteur au feu ; car il m'a paru que ces petites diminutions que je viens de rapporter, ont été occasionnées par les parties ferrugineuses qui se sont trouvées dans ces grès, et qui ont été en partie détruites par le feu.

Une chose plus générale et qui mérite bien d'être remarquée, c'est que les durées de la chaleur dans différentes matières exposées au même feu pendant un temps égal, sont toujours dans la même proportion, soit que le degré de chaleur soit plus grand ou plus petit ; en sorte, par exemple, que si on chauffe le fer, le grès et la glaise à un feu violent, et tel qu'il faille quatre-vingts minutes pour refroidir le fer au point de pouvoir le toucher, quarante-six minutes pour refroidir le grès au même point, et trente-huit pour refroidir la glaise, et qu'à une chaleur moindre il ne faille, par exemple, que dix-huit minutes pour refroidir le fer à

ce même point de pouvoir le toucher avec la main, il ne faudra proportionnellement qu'un peu plus de dix minutes pour refroidir le grès, et environ huit minutes et demie pour refroidir la glaise à ce même point.

J'ai fait de semblables expériences sur des globes de marbre, de pierre, de plomb et d'étain, à une chaleur telle seulement que l'étain commençoit à fondre, et j'ai trouvé que le fer se refroidissant en dix-huit minutes au point de pouvoir le tenir à la main, le marbre se refroidit au même point en douze minutes, la pierre en onze, le plomb en neuf, et l'étain en huit minutes.

Ce n'est donc pas proportionnellement à leur densité, comme on le croit vulgairement, que les corps reçoivent et perdent plus ou moins vîte la chaleur, mais dans un rapport bien différent et qui est en raison inverse de leur solidité, c'est-à-dire, de leur plus ou moins grande *non-fluidité;* en sorte qu'avec la même chaleur il faut moins de temps pour échauffer ou refroidir le fluide le plus dense qu'il n'en faut pour échauffer ou refroidir au même degré le solide le moins dense. Je donnerai, dans les mémoires suivans, le

développement entier de ce principe, duquel dépend toute la théorie du progrès de la chaleur ; mais pour que mon assertion ne paroisse pas vaine, voici en peu de mots le fondement de cette théorie.

J'ai trouvé, par la vue de l'esprit, que les corps qui s'échaufferoient en raison de leurs diamètres, ne pourroient être que ceux qui seroient parfaitement perméables à la chaleur, et que ce seroient en même temps ceux qui s'échaufferoient ou se refroidiroient en moins de temps. Dès lors j'ai pensé que les fluides dont toutes les parties ne se tiennent que par un foible lien, approchoient plus de cette perméabilité parfaite que les solides dont les parties ont beaucoup plus de cohésion que celles des fluides.

En conséquence j'ai fait des expériences par lesquelles j'ai trouvé qu'avec la même chaleur tous les fluides, quelque denses qu'ils soient, s'échauffent et se refroidissent plus promptement qu'aucun solide, quelque léger qu'il soit ; en sorte, par exemple, que le mercure, comparé avec le bois, s'échauffe beaucoup plus promptement que le bois, quoiqu'il soit quinze ou seize fois plus dense.

Cela m'a fait reconnoître que le progrès de la chaleur dans les corps ne devoit en aucun cas se faire relativement à leur densité ; et en effet j'ai trouvé par l'expérience que, tant dans les solides que dans les fluides, ce progrès se fait plutôt en raison de leur fluidité, ou, si l'on veut, en raison inverse de leur solidité.

Comme ce mot *solidité* a plusieurs acceptions, il faut voir nettement le sens dans lequel je l'emploie ici. *Solide* et *solidité* se disent en géométrie relativement à la grandeur, et se prennent pour le volume du corps ; *solidité* se dit souvent en physique relativement à la densité, c'est-à-dire, à la masse contenue sous un volume donné ; *solidité* se dit quelquefois encore relativement à la dureté, c'est-à-dire, à la résistance que font les corps lorsque nous voulons les entamer : or ce n'est dans aucun de ces sens que j'emploie ici ce mot, mais dans une acception qui devroit être la première, parce qu'elle est la plus propre. J'entends uniquement par *solidité* la qualité opposée à la fluidité, et je dis que c'est en raison inverse de cette qualité que se fait le progrès de la

chaleur dans la plupart des corps, et qu'ils s'échauffent ou se refroidissent d'autant plus vîte qu'ils sont plus fluides, et d'autant plus lentement qu'ils sont plus solides, toutes les autres circonstances étant égales d'ailleurs.

Et pour prouver que la solidité, prise dans ce sens, est tout-à-fait indépendante de la densité, j'ai trouvé, par expérience, que des matières plus denses ou moins denses s'échauffent et se refroidissent plus promptement que d'autres matières plus ou moins denses; que, par exemple, l'or et le plomb, qui sont beaucoup plus denses que le fer et le cuivre, néanmoins s'échauffent et se refroidissent beaucoup plus vîte, et que l'étain et le marbre, qui sont au contraire moins denses, s'échauffent et se refroidissent aussi beaucoup plus vîte que le fer et le cuivre, et qu'il en est de même de plusieurs autres matières qui, quoique plus ou moins denses, s'échauffent et se refroidissent plus promptement que d'autres qui sont beaucoup moins denses ou plus denses; en sorte que la densité n'est nullement relative à l'échelle du progrès de la chaleur dans les corps solides.

Et, pour le prouver de même dans les

fluides, j'ai vu que le mercure, qui est treize ou quatorze fois plus dense que l'eau, néanmoins s'échauffe et se refroidit en moins de temps que l'eau ; et que l'esprit-de-vin, qui est moins dense que l'eau, s'échauffe et se refroidit aussi plus vîte que l'eau ; en sorte que généralement le progrès de la chaleur dans les corps, tant pour l'entrée que pour la sortie, n'a aucun rapport à leur densité, et se fait principalement en raison de leur fluidité, en étendant la fluidité jusqu'au solide, c'est-à-dire, en regardant la solidité comme une *non-fluidité* plus ou moins grande. De là j'ai cru devoir conclure que l'on connoîtroit en effet le degré réel de fluidité dans les corps, en les faisant chauffer à la même chaleur ; car leur fluidité sera dans la même raison que celle du temps pendant lequel ils recevront et perdront cette chaleur : et il en sera de même des corps solides ; ils seront d'autant plus solides, c'est-à-dire, d'autant plus *non-fluides*, qu'il leur faudra plus de temps pour recevoir cette même chaleur et la perdre : et cela presque généralement, à ce que je présume ; car j'ai déja tenté ces expériences sur un grand nombre de matières différentes,

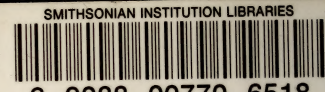
et j'en ai fait une table que j'ai tâché de rendre aussi complète et aussi exacte qu'il m'a été possible, et qu'on trouvera dans le mémoire suivant.

Fin du tome quatrième.

TABLE

Des articles contenus dans ce volume.

DE L'IMPRIMERIE DE PLASSAN.


SMITHSONIAN INSTITUTION LIBRARIES
3 9088 00770 6518